

8. QI Xiang-dong. Optimization of Pass Schedule in Hot Strip Rolling / QI Xiang-dong, WANG Tao, XIAO Hong // Journal of Iron and Steel Research, International. – 2012. – № 19 (8). – P. 25–28. [https://doi.org/10.1016/S1006-706X\(12\)60135-6](https://doi.org/10.1016/S1006-706X(12)60135-6)

9. Yue S. The Mathematical Modelling of Hot Rolling of Steel / J.G. Lenard (Editor). – Metal Forming Science and Practice 9. Published by Elsevier Science Ltd. – 2002. – Chapter 11. – P. 213–226. <https://doi.org/10.1016/B978-008044024-8/50011-4>

10. Yuen W.Y.D. The modelling of the mechanics of deformation in fiat rolling / W.Y.D. Yuen, A. Dixon, D.N. Nguyen // Journal of Materials Processing Technology. – 1996. – № 60. – P. 87–94. [https://doi.org/10.1016/0924-0136\(96\)02312-6](https://doi.org/10.1016/0924-0136(96)02312-6)

11. ZHANG Jin-ling. Prediction of Velocity and Deformation Fields During Multipass Plate Hot Rolling by Novel Mixed Analytical-Numerical Method / ZHANG Jin-ling, CUI Zhen-shan // Journal of Iron and Steel Research, International. – 2011. – № 18 (7). – P. 20–27. [https://doi.org/10.1016/S1006-706X\(11\)60085-X](https://doi.org/10.1016/S1006-706X(11)60085-X)

Purpose. Process development for production of 4 mm thickness plate produced of as-cast slabs of 220mm thickness instead of slabs of 150 mm thickness for rolling mill 3200 at Metinvest Trametel SpA.

Methodology. The technological process is developed using the mathematical model of the rolling technological process.

Findings. The technology of rolling plates with dimensions 4x3125x16000 mm from the slab with dimensions 217x1355x780 was developed.

Originality. The developed technology ensures the rolled products final temperature of 826 °C, and this allows to implement it for rolled products production by means of hot, normalizing, controlled or TMCP technology, and does not minimize the current grade product mix.

Practical value. The possibility to implement for production of slabs of thickness 220mm instead of slabs of thickness 150mm.

Key words: simulation, rolling force, temperature conditions, technology, plate rolling mill.

Рекомендована к публикации
д. т. н. В. Ф. Балакиным
Поступила 02.03.2018



УДК 621.771.252

Наука

**В. М. Самохвал /к. т. н./, М. М. Штода /к. т. н./,
С. Ю. Гаврилін /к. т. н./**

Дніпровський державний технічний університет,
м. Кам'янське, Україна
e-mail: volsamokhval@gmail.com;
maksstoda@gmail.com; Sgavrilyn@gmail.com
ПАТ «Дніпровський меткомбінат», м. Кам'янське,
Україна

К. Г. Геймур

Аналіз впливу робочих параметрів гідродинамічних підшипників на точність прокатування в чистових блоках дровових станів

**V. M. Samokhval /Cand. Sci. (Tech.),
M. M. Shtoda /Cand. Sci. (Tech.),
S. Yu. Havrylin /Cand. Sci. (Tech.)/
K. H. Heimur**

Dniprovsk State Technical University, Kamianske,
Ukraine

Dneprovsky integrated Iron and Steel Works,
Kamianske, Ukraine

Analysis of influence of working parameters of hydrodynamic bearings on the accuracy of rolling in finishing blocks of wire states

Мета. Аналіз міри впливу робочих параметрів гідродинамічних підшипників високошвидкісних чистових блоків на точність дроту за умов наявних, технологічно обумовлених, змін параметрів прокатування.

Методика. Основним параметром роботи гідродинамічних підшипників, який використовували для аналізу, була розрахункова мінімальна товщина плівки мастила. Розрахунки цього параметру виконували за стан-

дартною методикою для умов налаштування модулів та для умов сталої роботи блоку при прокатуванні катанки діаметром 5,5 мм з маловуглецевої сталі. Технологічні параметри, такі як сила прокатування та інші, розраховували за методикою В. К. Смирнова.

Результати. Розрахунки показують, що за наявних технологічних параметрів прокатування конструктивні параметри підшипників основних опор модулів обумовлюють формування відносно товстих плівок мастила. За різниці швидкостей при налаштуванні і при сталій роботі модулів блоку має місце значна різниця товщини плівок мастила, особливо для останніх модулів. Зокрема для модулів 8 та 9 різниця в зазорах при налаштуванні та при сталій роботі становить у середньому 0,16 мм, а для модуля 10 сягає 0,21 мм.

Практична значущість. Врахування виявленої різниці в зазорах при налаштуванні та сталій роботі, обумовлене різною товщиною плівок мастила, дозволить точніше витримувати технологічні параметри та забезпечить збільшення точності прокатування. (Іл. 3. Табл. 2. Бібліогр.: 10 назв).

Ключові слова: гідродинамічний підшипник ковзання, товщина плівки мастила, зазор між валками

Вступ. Точність прокату визначається комплексом різноманітних факторів, які умовно можна поділити на технологічні та конструктивні. До технологічних факторів належать форма калібрів, величина деформації, швидкісний і температурний режими деформування та ін. Конструктивні фактори визначаються особливостями задіяного обладнання. У більшості випадків конструктивні фактори є відносно стабільними, тому ступінь їх впливу на точність для кожного з прокатних станів визначають дослідним шляхом і враховують опосередковано через технологічні фактори. Наприклад, при налаштуванні прокатного стану для прокатування певного профілю зазори в кожній з клітей встановлюють з урахуванням «пружини кліті», тобто пружних деформацій від дії сили прокатування [1; 2].

Але в окремих випадках, при значних змінах технологічних факторів, може проявлятися неоднозначність впливу конструктивних. Так, для чистових блоків дротових станів спостерігається майже десятикратне технологічно обумовлене збільшення швидкості між першим та останнім модулями. Одночасно сили прокатування по модулях можуть відрізнятись в 3–5 разів при протилежному розподіленні, тобто зменшуються від перших до останніх модулів. Для клітей звичайної конструкції такі значні зміни технологічних факторів не є критичними і за потреби можуть компенсуватися відповідними конструктивними рішеннями (діаметри валків, потужність двигуна, розміри шпинделів відповідно до потрібних моментів та ін.). Для більшості блоків дротових станів такої можливості немає тому, що всі модулі мають однакову конструкцію та спільний привід [3]. Відповідно, при проектуванні модулів їх конструктивні параметри обирають з умов забезпечення працездатності для всього можливого діапазону зміни основних технологічних параметрів. За такого підходу, можливості регулювання блоків для забезпечення потрібної точності прокатування стають досить обмеженими.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження міри впливу конструктивних особливостей модулів блоку та точність прокатування за

умов наявних технологічно обумовлених змін параметрів прокатування.

З досвіду роботи існуючих блоків дротових станів відомо, що регулювання розмірів готової катанки можливе за рахунок зміни зазорів в останніх двох модулях та за рахунок зміни зазорів і розмірів підкату в перших модулях. Регулювання зазорів для інших модулів вважається неефективним через жорсткий кінематичний зв'язок від спільного приводу. Міру впливу зміни зазору в перших або останніх модулях окремо не досліджують, а підбирають до досягнення потрібних розмірів катанки. При цьому виникають певні суперечності. Наприклад, при прокатуванні катанки діаметром 5,5 мм на стані 400/200 ПАТ «ДМК» зазор в останньому десятому модулі блоку 200, згідно з таблицею калібровки, має становити 1,21 мм. Фактичний зазор у цьому модулі, який забезпечує отримання катанки заданих розмірів, становить від 1,45 до 1,57 мм. Тобто, на відміну від загальновідомого врахування «пружини кліті» [4], спостерігається зворотне явище – при налаштуванні модуля потрібно встановити більший зазор. Таку відмінність налаштування модулів блоку можна пояснити лише проявом певних конструктивних особливостей модулів, зокрема різними умовами при налаштуванні та штатній роботі.

Для аналізу таких конструктивних особливостей блоку 200 виконали розрахунки основних технологічних параметрів прокатування в модулях при прокатуванні катанки діаметром 5,5 мм з маловуглецевої сталі. За розрахованими технологічними параметрами визначали параметри роботи гідродинамічних підшипників основних опор модулів для умов налаштування та для штатного режиму.

Результати роботи. Основні технологічні параметри розраховували для діючої калібровки, блоку 200 ПАТ «ДМК» (табл. 1). Розміри розкатів у калібрах визначали, використовуючи методикою В. К. Смирнова для розрахунку розширення та інших геометричних параметрів [5]. При цьому діаметри валків (шайб) по буртах для всіх модулів приймали однаковими – 210 мм. Розраховані розміри розкатів та отриманий швидкісний режим

Параметри калібрів, розкатів та швидкісний режим прокатування в блоці 200

Номер модуля	Розміри калібру			Розміри розкату		Площа перерізу, мм ²	Коефіцієнт видовження	Швидкість прокатування м/с
	Ширина В _к	Глибина врізу h _{вр}	Зазор g	Висота	Ширина			
1	23,65	4,6	1,94	11,14	20,65	185,5	1,209	13,4
2	13,83	6,14	1,51	13,74	13,79	149	1,245	16,6
3	18,89	3,5	1,85	8,85	16,97	120,4	1,238	20,6
4	11,45	4,95	1,13	11,03	11,03	95,6	1,259	25,9
5	16,85	2,70	1,22	6,62	13,9	76,0	1,258	32,6
6	8,97	3,70	1,36	8,66	8,76	59,8	1,271	41,4
7	13,56	2,10	1,06	5,26	10,97	48,2	1,241	51,4
8	7,27	2,92	1,11	6,95	6,95	37,9	1,272	64,4
9	10,24	1,60	0,99	4,19	8,75	30,2	1,255	80,8
10	5,76	2,18	1,21	5,57	5,57	24,2	1,238	100

прокатування наведено в табл. 1. Температуру розкатів та силу прокатування по модулям блоку визначали за методиками Л. В. Андреюка [6] та В. К. Смірнова [5]. Для більш обґрунтованого вибору силових параметрів прокатування розрахункові дані порівнювали з експериментальними даними, отриманими на одному з японських дровових станів [7]. За результатами порівняння розподілу сили прокатування по модулях блоку, показаних на рис. 1, для подальших розрахунків використовували значення, отримані за методикою В. К. Смирнова, оскільки ці значення найбільш точно відповідають експериментальним даним Ногуші [7].

Шайби з калібрами консольно закріплено на валах, які розміщено в корпусі модуля на двох гідродинамічних підшипниках. Номінальний діаметр підшипників становить: для основної опори (ближче до шайби) 140 мм; для другої опори – 111 мм. Ширина підшипників дорівнює 105 мм та 54 мм відповідно. Відстань між центрами опор дорівнює 309 мм, відстань від центру основної опори до осі калібру (площини дії сили прокатування) – 110 мм. Через консольне розміщення шайб з калібрами навантаження на основній опорі перевищує силу прокатування. Для зазначених відстаней між опорами та віссю калібрів таке перевищення становить $(309 + 110) / 309 = 1,356$.

Подача мастила в підшипник відбувається через отвір у вкладиші. Діаметр отвору дорівнює 12 мм. Вісь отвору та площина дії радіального навантаження утворюють кут приблизно 120°. Надходження мастила в робочу зону підшипника забезпечують часткова кругова канавка, глибиною 1,5 мм, та два кармана, виконані радіусом 25 мм на глибину 1,5 мм. Ширина карманів становить 95 мм, ширина кругової канавки – 16 мм. Один з карманів розташований з протилежного боку від площини розміщення мінімального зазору, а інший – приблизно під кутом 90° від цієї площини.

Конструкція гідродинамічних підшипників всіх модулів блоку є однотипною – кожен з них утворює полірована поверхня валу та, закріплений термопресовою посадкою в корпусі, циліндричний сталевий вкладиш. Робоча поверхня вкладиша має покриття зі свинцево-олов'янистої бронзи.

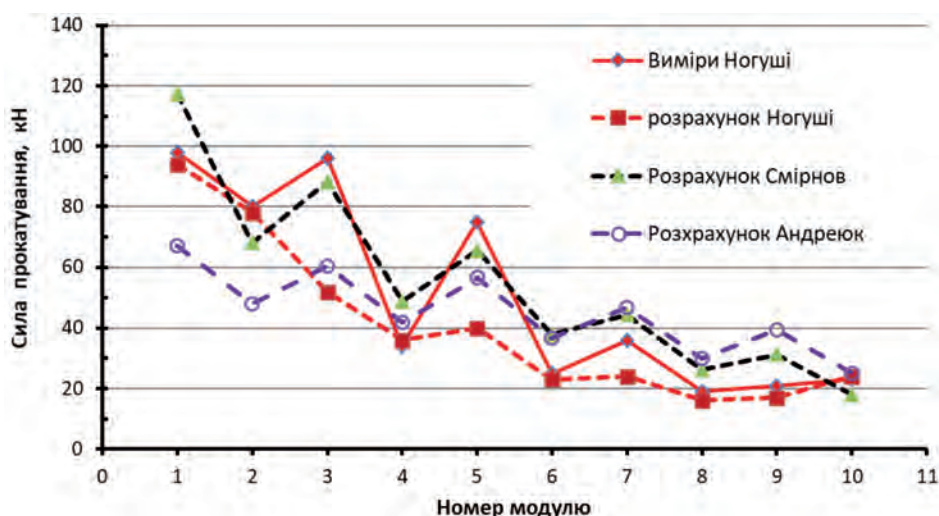


Рис. 1. Розрахункові та експериментальні значення сили прокатування по модулях чистового блоку

ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Аналіз параметрів роботи підшипників виконано для найбільш навантажених основних опор модулів. З урахуванням допусків діаметр валу підшипника основної опори, змінюється в межах від 139,880 до 139,855 мм, внутрішній діаметр вкладиша – від 140,24 до 140,174 мм. Отже, зазор у підшипнику становить від 0,294 до 0,385 мм, при середньому значенні 0,339 мм. Шорсткість поверхні вала $R_a = 0,2$ мкм, поверхні вкладиша $R_a = 1,6$ мкм. Аналіз параметрів роботи підшипників виконано розрахунковим методом з використанням стандартної методики [8]. Метод розрахунку, визначений цим стандартом, розповсюджується на круглоциліндричні підшипники з дугою охопту 360, 180, 150, 120 та 90°, які працюють у стаціонарному режимі.

Метод ґрунтується на основних положеннях гідродинаміки, згідно з якими для оцінки навантажувальної здатності гідродинамічних підшипників використовують критерій (число) Зоммерфельда. Це число визначається такими параметрами підшипника, як тиск від зовнішнього навантаження, в'язкісно-швидкісний параметр та відносний зазор.

Одночасно число Зоммерфельда є функцією геометричних параметрів підшипника, таких як відносний ексцентриситет, відносна довжина та кут охопту. Функціональні залежності між числом Зоммерфельда, наведеними геометричними параметрами та деякими іншими параметрами підшипника визначені стандартом [9].

Методика розрахунку передбачає перевірку ламінарності потоку мастила за критерієм Рейнольдса, перевірку за допустимим середнім тиском та обчислення числа Зоммерфельда. Значення числа S_o використовують для визначення інших параметрів за залежностями, поданих у вигляді графіків і таблиць. Наприклад, для розрахованого числа S_o , визначаємо відносний ексцен-

триситет ε як функцію $\varepsilon = \varphi(S_o, B/D, \Omega)$. Отримане значення ε дозволяє визначити мінімальну товщину плівки мастила, коефіцієнт тертя, силу тертя, потужність сил тертя, інтенсивність теплового потоку від сил тертя та температуру підшипника або мастильної речовини на виході.

Зважаючи, що кругова канавка з карманами розміщені на дузі у 152°, для розрахунків приймали кут охопту 180°. Розрахунки виконували з урахуванням заповнення всього зазору (навантаженої і ненавантаженої ділянок) підшипника мастильною речовиною, подачі мастила через один отвір, два кармани та часткову кільцеву канавку. В розрахунках приймали, що подача мастила відбувається під тиском 0,35 МПа.

Результати розрахунків параметрів роботи підшипників основних опор за температури подачі мастила 60 °С та частоти обертання двигунів блоку 1350 об/хв, за методикою [10], наведено в табл. 2.

З отриманих даних слід відзначити досить значну мінімальну товщину плівки мастила, яка змінюється від 9,85 мкм у першому модулі до 110,82 мкм в останньому, десятому. Для вищезазначених параметрів шорсткості робочих поверхонь підшипника критична, з точки зору забезпечення гідродинамічного режиму змащування, товщина плівки мастила становить 4,84 мкм.

Значна товщина плівки мастила в робочій зоні підшипників, особливо для останніх модулів блоку, не може не впливати на зазор у калібрах. Як показано на рис. 2а за відсутності обертання вали під дією власної ваги опускаються на поверхню вкладишів. При цьому зазор по буртах шайб буде мінімальним. Якщо на вали за відсутності обертання буде діяти навантаження – розділяюча сила F , нижній вал не змінить свого положення, а верхній переміститься вгору на величину діаметрального зазору 2δ . Для підшипників осно-

Таблиця 2

Параметри роботи підшипників за частоти обертання двигунів 1350 об/хв

№ модуля	Частота обертання вала об/хв n_j	Кутова швидк. c^{-1} ω_j	Швидк. ковзання м/с U_j	Число Рейнольдса Re	Радіал. навант. кН F	Середн. тиск Н/мм ² P_{cp}	Число Зоммерфельда S_o	Відносн. ексцентриситет ε	Мінім. товщина плівки, мкм h_{min}	Коеф. тертя f
1	1214,2	127,08	8,90	39,97	159,1	10,83	14,73	0,94	9,85	0,0016
2	1532,0	160,35	11,22	50,44	92,2	6,27	6,77	0,83	28,60	0,0026
3	1858,6	194,54	13,62	61,19	119,4	8,13	7,22	0,84	27,02	0,0025
4	2370,7	248,13	17,37	78,05	66,3	4,51	3,14	0,72	47,09	0,0040
5	2937,0	307,41	21,52	96,69	88,8	6,04	3,40	0,73	45,20	0,0038
6	3760,4	393,59	27,55	123,80	51,3	3,49	1,53	0,69	52,10	0,0061
7	4614,6	482,99	33,81	151,92	60,2	4,10	1,47	0,68	53,67	0,0063
8	5900,0	617,53	43,23	194,24	35,6	2,42	0,68	0,52	81,32	0,0098
9	7346,6	768,95	53,83	241,86	42,4	2,88	0,65	0,51	82,91	0,0101
10	9155,8	958,31	67,08	301,42	24,2	1,65	0,30	0,35	110,82	0,0159
Критичні значення				838,68		10				

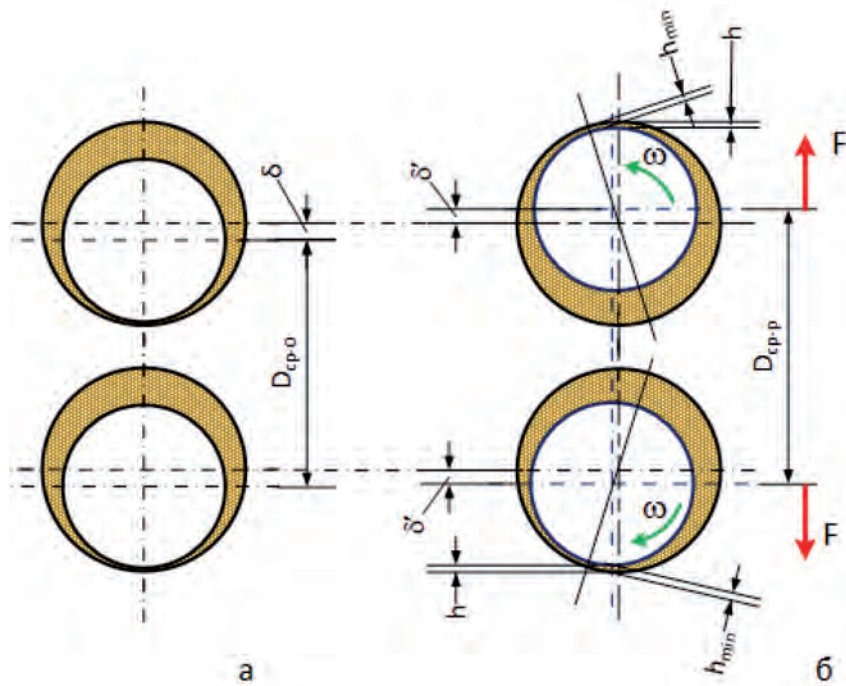


Рис. 2. Схема гідродинамічних підшипників модулів блоку

вної опори, які розглядаються, середнє значення зазору підшипників становить 0,34 мм (рис. 2б).

За рахунок обертання валів у робочій зоні підшипників буде формуватися плівка мастила – умовно кажучи, «вали спливають». Це призводить до зменшення відстані між осями валів на величину, яка дорівнює подвоєній товщині плівки мастила. Тобто загальне переміщення осей від розділяючої сили та від сформованих плівок мастила становитиме $(2\delta - 2h_{\min})$.

Наприклад, при налаштуванні модулів, яке зводиться до встановлення зазорів згідно із затвердженою таблицею калібровки, зазор визначають, прокатуючи на «повзучій» швидкості по буртах шайб проволуку (електрод діаметром 3 мм з м'якої сталі). При цьому обираються зазори в підшипниках верхніх валів, але товщина плівки є мінімальною через незначну частоту обертання валів.

«Повзуча» швидкість відповідає частоті обертання двигунів блоку 20 об/хв. Для цієї швидкості, приймаючи розділяючу силу 25 кН, виконали розрахунки мінімальної товщини плівки мастила за методикою показаною в табл. 2. За результатами розрахунків отримали однакову товщину плівки мастила для всіх модулів, яка становить 4,24 мкм. Така незначна величина плівки мастила не може суттєво змінити відстань між осями валів. Адже при повністю вибраному зазорі в підшипнику верхнього валка (0,34 мм) вісь верхнього вала «спливає» на величину плівки мастила, так само, як і вісь нижнього, тобто відстань між осями валів становитиме

$$(2\delta - 2h_{\min}) = (0,34 - 2 \cdot 0,00424) = 0,3315 \text{ мм.}$$

Але при сталій роботі блока має місце значно більша частота обертання валів та, відповідно, товщина плівки мастила. Наприклад, для десятого модуля зазор, встановлений за «повзучою» швидкості, зменшиться і становитиме $(2\delta - 2h_{\min}) = (0,34 - 2 \cdot 0,11082) = 0,118 \text{ мм}$.

Отже, різниця зазорів при налаштуванні і за сталого процесу прокатування становитиме $0,3315 - 0,118 = 0,213 \text{ мм}$. Така величина зміни зазору може суттєво вплинути на розміри готового профілю і навіть вивести їх за межі допусків.

Розрахунки різниці зазорів за модулями при налаштуванні та для умов стабільної роботи для різних температур подачі мастила наведені на рис. 3.

Очевидно, що зі зменшенням температури подачі мастила товщина плівки мастила зростає, що призводить до збільшення різниці зазорів. При більш високих температурах мастила товщина плівки мастила і різниця зазорів зменшуються.

Але домінуючим фактором, який визначає величину різниці зазорів, є швидкість, точніше частота обертання валів, як технологічний фактор. Збільшення різниці зазорів приблизно пропорційне зростанню швидкості по модулях блоку. Зрозуміло, що найбільша різниця в зазорах спостерігається для останніх модулів блоку, тому для них обов'язково потрібно враховувати виявлену конструктивну особливість підшипників.

Зокрема для модулів з 8-го по 10-й різниця в зазорах перевищує 0,1 мм за будь-якої температури подачі мастила. Для температури подачі мастила 60 °С в модулях 8 та 9 при налаштуванні рекомендується встановлювати зазор на 0,16 мм більше зазначеного в таблиці калібровки, а для

ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

модуля 10 – зазор слід збільшувати на 0,21 мм. Наприклад, якщо в модулі 10 потрібно забезпечити зазор 1,21 мм, то при налаштуванні слід встановити зазор 1,42 мм.

Висновки. Конструктивні особливості гідродинамічних підшипників ковзання основних опор робочих валів модулів блока за певного співвідношення технологічних параметрів, таких як навантаження та швидкість, обумовлюють формування відносно товстих плівок мастила, які можуть досягати не тільки сотих, але й десятих часток міліметра. Така значна товщина плівок мастила може впливати на зазори між валками та, відповідно, на точність прокату.

За результатами виконаних розрахунків технологічних параметрів та параметрів роботи підшипників встановлено, що для наявного швидкісного режиму прокатування в блоці 200 при налаштуванні останніх трьох модулів необхідно враховувати зменшення зазору між валками, обумовлене значною товщиною плівки мастила в підшипниках основних опор.

При налаштуванні блока 200 ПАТ «ДМК» для компенсації значної товщини плівки мастила рекомендується в модулях 8 та 9 встановлювати зазор на 0,16 мм, а для модуля 10 – на 0,21 мм більше, ніж зазначено в таблицях калібровки.

Бібліографічний список / References

1. Иванченко Ф. К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: навч. посіб. для студ. вузів / Ф. К. Иванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяев. – К.: Вища школа, 1995. – 455 с.
2. Выдрин В. Н. Новое в прокатке точного сортового металла / В. Н. Выдрин, В. Г. Дукмасов, В. С. Нагорнов. – Челябинск: Южно-Уральское книжное изд-во, 1970. – 107 с.
3. Кугушин А. А. Высокоскоростная прокатка катанки / А. А. Кугушин, Ю.А. Попов. – М.: Металлургия, 1982. – 144 с.
4. Kugushin A. A., Popov Yu. A. *Vysokoskorostnaya prokatka katanki*. Moscow, Metallurgiya, 1982, 144 p.
5. Технология прокатного производства: справочник: в 2 кн. / [М. А. Беняковский, К. Н. Богоявленский, А. И. Виткин и др.]. – М.: Металлургия. – 1991. – Кн. 1. – 440 с.
6. Benyakovskiy M. A., Bogoyavlenskiy K. N., Vitkin A. I. *Tekhnologiya prokatnogo proizvodstva*. Moscow, Metallurgiya, 1991, book 1, 440 p.
7. Смирнов В. К. Калибровка прокатных валков: учеб. пособие для вузов / В. К. Смирнов,

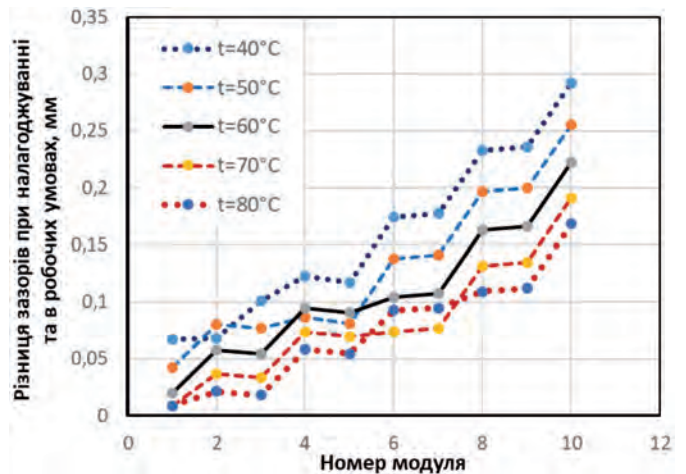


Рис. 3. Різниця зазорів при налаштуванні та сталій роботі підшипників основних опор модулів блока

В. А. Шилов, Ю. В. Иналович. – М.: Металлургия, 1987. – 368 с.

Smirnov V. K., Shilov V. A., Inatovich Yu. V. *Kalibrovka prokatnykh valkov*. Moscow, Metallurgiya, 1987, 368 p.

6. Андреюк Л. В. Теория прокатки / Л. В. Андреюк // Материалы Всесоюзной науч.-техн. конф. «Теоретические проблемы прокатного производства» (Днепропетровск, 25–28 сентября 1975 г.). – М.: Металлургия, 1975. – С. 383–385.

Andreyuk L. V. *Teoriya prokatki*. Materialy Vsesoyuznoy nauch.-tekhn. konf. "Teoreticheskie problemy prokatnogo proizvodstva" (Dnepropetrovsk, 25-28 sentyabrya 1975 g.). Moscow, Metallurgiya, 1975, pp. 383-385.

7. Noguchi Yukio, Harutoshi Ogai, Kunihiro Okamura, Takayoshi Hizume, Koji Tanabe, Koji Yoshimura (1999). Characteristics of Continuous Wire Rod Roll Shaft and Precision Roll Shaft System. Nippon Steel Technical Report. No 80, July. pp. 79–83. Available at: <http://www.nssmc.com/en/tech/report/nsc/pdf/8016.pdf>.

8. Гідродинамічні радіальні підшипники ковзання, які працюють в стаціонарному режимі. Круглоциліндричні підшипники. Ч. 1. Метод розрахунку: ДСТУ ГОСТ ІСО 7902-1:2003 (ГОСТ ІСО 7902-1-2001, IDT). – [Чинний від 01.07.2004]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 28 с. – (Національний стандарт України).

Gidrodinamichni radial'ni pidshypnyky kovzannja, jaki pracujut' v stacionarnomu rezhymi. Kruglocylindrychni pidshypnyky. Part 1. Metod rozrahunku: DSTU GOST ISO 7902-1:2003 (GOST ISO 7902-1-2001, IDT). [Chynnyj vid 01.07.2004]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukraїny, 2008, 28 p. (Nacional'nyj standart Ukraїny).

9. Гідродинамічні радіальні підшипники ковзання, які працюють в стаціонарному режимі. Круглоциліндричні підшипники. Ч. 2. Функції, використовувані для розрахунку: ДСТУ ГОСТ

ИСО 7902-2:2003 (ГОСТ ИСО 7902-2-2001, IDT). – [Чинний від 01.07.2004]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 28 с. – (Національний стандарт України).

Gidrodynamichni radial'ni pidshypnyky kovzannja, jaki pracujut' v stacionarnomu rezhymі. Kruglocylindrychni pidshypnyky. Part 2. Funkcii', vykorystovuvani dlja rozrahunku: DSTU GOST YSO 7902-2:2003 (GOST YSO 7902-2-2001, IDT). [Chynnyj vid 01.07.2004]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukraїny, 2008, 28 p. (Nacional'nyj standart Ukraїny).

10. Yershov S. The Analysis on Hydrodynamic Bearings Performance in High-Speed Modules of Wire Rolling Mills / Serhii Yershov, Volodymyr Samokhval, Serhii Havrylin, Yurii Antonov, Maksym Kutvitski // Metallurgical and Mining Industry. – 2017. – № 7. – P. 36–45.

Purpose. Analysis of the degree of influence of working parameters of hydrodynamic bearings of high-speed finishing blocks on accuracy of wire rod in the conditions of existing, technologically determined, changes in rolling parameters.

Methodology. The basic parameter of the operation of the hydrodynamic bearings, which was used for analysis, served as the calculated minimum thickness of

the lubricant film. The calculations of this parameter were performed according to the standard method for adjusting the conditions of the modules and for the conditions of the stable operation of the unit when rolling rods with a diameter of 5.5 mm from low-carbon steel. Technological parameters, such as rolling force and others, were calculated according to the method of V. K. Smirnov.

Findings calculations show that, for the existent technological parameters of rolling, the constructive parameters of the bearings of the main supports modules determining the formation of relatively thick lubricant films. Taking into account the speed difference in the adjusting and the steady operation of the block modules, there is a significant difference in the thickness of the lubricating film, especially for the last modules. In particular, for modules 8 and 9, the difference in gaps in adjustment and under steady operation is an average of 0.16 mm, and for module 10 it reaches 0.21 mm.

Practical value. Addressing the identified gaps difference when setting up and steady operation, due to different thickness of oil films, will accurately maintain process variables and provide increased precision rolling.

Key words: hydrodynamic journal bearing, oil film thickness, gap between rolls

Рекомендована к публикации
д. т. н. В. Ф. Балакиным

Поступила 13.03.2018



УДК 621.771.23

Наука

Я. Д. Василев /д. т. н./

Национальная металлургическая академия
Украины, г. Днепро, Украина

Исследование взаимосвязи между толщиной и пределом текучести горячекатаного подката и механическими свойствами холоднокатаного проката из стали 08кп

Ya. D. Vasilev /Dr. Sci. (Tech.)/

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro,
Ukraine

Investigation of the relationship between the thickness and the limit of the toxicity of the hot boxing and the mechanical properties of cold rolled steel from the steel 08kp

Приведены результаты экспериментального исследования влияния толщины и предела текучести горячекатаного подката на механические свойства холоднокатаного проката из стали 08кп в условиях ОАО «Запорожсталь». Установлено, что между толщиной и исходным пределом текучести горячекатаного подката и механическими свойствами холоднокатаного проката существует жесткая связь, приведены количественные данные, характеризующие эту связь. Показано, что уровень и нестабильность исходного