

DOI: 10.31319/2519-2884.42.2023.2

УДК 621.771.074

Самохвал В.М., к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0003-0585-7225, e-mail: volsamokhval@gmail.com

Максименко О.П., д.т.н., професор, ORCID: 0000-0003-0846-9869,

e-mail: 0976776379max@gmail.com

Нікулін О.В., к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-3509-7266, e-mail: av_nikulin@ukr.net

Приймак А.Б., аспірант, e-mail: personalrav_@ukr.net

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Samokhval Volodymyr, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Metallurgy of Ferrous Metals and Metalworking of Pressure

Maksimenko Oleg, Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Metallurgy of Ferrous Metals and Metalworking of Pressure

Nikulin Oleksandr, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Metallurgy of Ferrous Metals and Metalworking of Pressure

Pryimak Anna, Postgraduate Student

Dniprovsky State Technical University, Kamianske

АНАЛІЗ РОЗМІРНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАЛКІВ СТАНІВ ДОВГОМІРНОГО ПРОКАТУ

Метою роботи є аналіз розмірних параметрів валків сучасних станів довгомірного прокату, виявлення характерних особливостей співвідношень розмірів та розробка рекомендацій з вибору основних розмірів за актуальними критеріями. Розглянуто і визначено межі зміни таких розмірних параметрів валків як відношення діаметру бочки до початкової товщини розкату, довжини бочки до її діаметру, відношення довжини бочки до діаметру шийки, відношення діаметру шийки до діаметру бочки. Також, за результатами аналізу цих критеріїв, розроблено рекомендації для вибору діаметру валків по групам клітей.

Ключові слова: довгомірний прокат, бочка валка, діаметр шийки, сила прокатування, зносостійкість, реакція опори.

The purpose of the work is to analyze the dimensional parameters of rolls of modern long products rolling mills, to identify the characteristic features of the ratio of dimensions and to develop recommendations for choosing the main dimensions according to current criteria. The limits of changing such dimensional parameters of the rolls as the ratio of the barrel diameter to the initial rolling thickness, the barrel length to its diameter, the ratio of the barrel length to the neck diameter, the ratio of the neck diameter to the barrel diameter were considered and determined. Also, based on the results of the analysis of these criteria, recommendations were developed for choosing the diameter of the rolls by groups of stands.

Keywords: long products, roll barrel, diameter neck, separating force, wear resistance, support reaction.

Постановка проблеми

Основним робочим інструментом технологічної операції прокатування є валки, які безпосередньо впливають на показники якості готової продукції, а також, маючи значну вартість, певною мірою визначають її собівартість та конкурентоздатність. Для забезпечення ефективного використання валків в металургійній галузі проводяться наукові дослідження та конструкторські розробки, основними напрямками яких є розробка нових валкових матеріалів, удосконалення технологій виготовлення валків, удосконалення конструкцій робочих клітей та підшипникових вузлів, поліпшення умов застосування валків на діючих станах.

Для станів довгомірного прокату, які у більшості випадків мають значну кількість послідовно розташованих робочих клітей (від 16 до 28), досить актуальними є задачі вибору оптимальних матеріалів, конструкцій та розмірів валків. Зокрема, розмірні параметри валків значною

мірою визначають ефективність технологічного процесу, загальні витрати по переділу, трудомісткість операцій перевалки та відновлення. Особливо важливо обґрунтовано обирати розмірні параметри валків для станів, що проєктуються. Тому задачі обґрунтування вибору розмірів валків станів довгомірного прокату є актуальною, тобто має важливе практичне значення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для перших прокатних станів розміри валків визначали виходячи з технічних можливостей їх виготовлення для тогочасного рівня машинобудування. Так, прокатний стан Генрі Корта (Henry Cort), який за загальним визнанням започаткував прокатування профілів, мав валки діаметром 6 дюймів (152 мм) і довжиною бочки 16 дюймів (406 мм) [1]. По мірі спеціалізації прокатних станів, удосконалювались їх конструкції та технології виготовлення. Перший неперервний стан з послідовним розташуванням клітей, встановлений Бедсоном (Bedson) у 1869 році і призначений для прокатування катанки, був оснащений 16-ма робочими клітьми з валками діаметром близько 180 мм і довжиною бочки близько 250 мм [1]. Перші блюмінги, наприклад стан Г. Фрітца (Georg Fritz) встановлений у 1867 році, мали валки діаметром 20'' (530 мм) [1]. На початку минулого століття валки блюмінгів уже мали діаметр більше 1000 мм (44'') [2], а на дровових станах використовували валки діаметром 457 мм або 305 мм в чорнових групах клітей та 254 мм (10'') в чистових [1].

Отже, з розвитком прокатних станів розміри валків почали визначати виходячи з призначення стану, технології прокатування та особливостей конструкції клітей. Можливості машинобудування перестали бути фактором обмеження при виборі розмірів валків.

За яким ж критеріями призначають розміри валків на сучасних станах довгомірного прокату?

У класичних підручниках з обладнання прокатних станів зазначається, що основні розміри валків «вибирають на основі практичних даних (в залежності від типу та призначення прокатного стану)» [3]. Зокрема, діаметр валків рекомендують обирати виходячи з умов забезпечення певної величини обтиснення, з врахуванням можливих кутів захвату, тобто умов тертя, які визначають захоплюючу здатність валків.

$$D = \frac{2 \cdot \Delta h}{\sigma^2}. \quad (1)$$

Крім діаметру, як основного параметру валків станів довгомірного прокату, підручники наводять рекомендації до вибору довжини бочки. «Для прокатних станів різного призначення практикою встановлено найбільш раціональні співвідношення між довжиною бочки валків та її діаметром (L/D): обтискні стани 2,2—2,7; сортові стани 1,6—2,5; товстолистові 2,2—2,8; ...» [3]. Ці співвідношення майже без змін наводяться в підручниках наступних років видання, наприклад [4, 5].

У залежності від діаметру валків також призначають і діаметр шийок. «Для прокатних станів, валки яких встановлено на підшипниках ковзання відкритого типу, діаметр шийки валка визначають з співвідношення $d=0,6D$ » [3]. З переходом на підшипники інших типів наведене співвідношення зазнало змін, обумовлених конструктивними особливостями підшипникових вузлів. Тому в підручниках, починаючи з 90-х років минулого століття, співвідношення для розмірів шийок не наводяться.

У посібнику [5] для вибору діаметру валків, крім умов захвату, рекомендується врахувати відношення початкової товщини розкату до діаметру валків h_0/D . Для існуючих станів це відношення становить: для перших проходів блюмінгу 0,7 ... 0,8; для останніх проходів блюмінгу 0,15...0,30; для чорнових проходів сортових станів 0,15...0,06; для чистових — 0,04...0,02. Вибір діаметру валків з врахуванням початкової товщини розкату пов'язано з відповідною проробкою структури для забезпечення якості металу профілів.

Для визначення діаметрів валків сортових станів може бути використана зворотна величина $k_r = D/h_0$ та, відповідно, залежність

$$D = h_0 \cdot k_r. \quad (2)$$

Згідно наведених у посібнику [5] даних, параметр k_r для сортових станів змінюється у межах від 6,67 до 50. Менші значення характерні для чорнових клітей, а більші — для чисто-

вих. Такий досить широкий діапазон зміни цього показника ускладнює його використання для обґрунтування вибору діаметру валків.

Усі вище перелічені показники для вибору діаметру валків наведені «з практичних даних». Це означає, що розміри валків «вибирають» за прикладами аналогічних станів і «уточнюють відповідним теоретичним аналізом з врахуванням міцності валків на згинання та допустимого прогину» [6]. В результаті, в залежності від сортаменту профілів та конструктивних особливостей робочих клітей устаткувались умовно стабільні межі зміни діаметрів валків. В табл. 1 наведено приклади розподілу діаметрів валків по клітям кількох, найбільш типових, станів довгомірного прокату профілів простої форми. З представлених даних слідє, що діаметри валків змінюються у межах від 650 до 330 мм, а для дротових блоків 210 та 160 мм (170 мм), як це видно з табл. 1.

Таблиця 1. Розподіл діаметрів валків по клітям станів довгомірного прокату

Група клітей	Номер кліті в групі	Діаметр валків по клітям стану				
		390 (заготовка 156 мм) [7]	400 (заготовка 160 мм)	Cobe-Steel-1 (заготовка 150 мм) [8]	Cobe-Steel-2 (заготовка 155 мм) [9]	MWE (OBSRA) (заготовка 150 мм) [10]
Чорнова	1	590	650	450	600	600
	2	590	650	450	600	600
	3	440	650	450	550	440
	4	440	550	450	550	440
	5	440	650	400	550	440
	6	440	550	400	550	440
	7	-	-	400	480	-
	8	-	-	400	480	-
Проміжна	1	390	450	380	480	440
	2	390	450	380	480	440
	3	390	450	380	430	440
	4	390	450	380	430	340
	5	390	450	-	430	340
	6	390	380	-	430	340
Чистова	1	390	450	330	340	340
	2	390	380	330	340	340
	3	390	380	330	340	280
	4	390	380	330	340	280
	5	390	380	330	-	280
	6	390	380	330	-	280
Блок	1	-	210	-	210	215
	2	-	210	-	210	215
	3	-	210	-	210	215
	4	-	210	-	210	215
	5	-	210	-	210	215
	6	-	210	-	160	170
	7	-	210	-	160	170
	8	-	210	-	160	170
	9	-	210	-	160	170
	10	-	210	-	160	170

З даних табл. 1 також видно, що на станах зазначеного типу використовують від 3 до 7 типорозмірів валків з зменшенням їх діаметрів від чорнових клітей до чистових.

Порівнюючи дані Р. Бейнона [1] на початок минулого століття і дані по сучасним станам [7—10], можемо відзначити, що діапазон зміни діаметрів валків значно розширився. Замість варіантів станів з валками діаметром 457/254 мм або 305/254 мм, застосовують кліті з валками від 650 до 160 мм. При цьому валки малих діаметрів (210, 160 мм) розміщують в компактних консольних клітях, які збирають у блоки.

Використовуючи відомі калібровки однотипних профілів [7] і дані по діаметрам валків (табл. 1), визначили фактичні значення відношення $k_r = D/h_0$, які наведено на рис. 1. З отриманих даних слідує, що k_r змінюється у межах: $4,0 \div 33,3$ для стану 390 і $3,75 \div 13,24$ для стану 400. При цьому, для чорнових і проміжних клітей величина k_r майже однакова для обох станів, що розглядаються. Для клітей чистових круп спостерігається суттєва різниця значень цього параметру. Але для станів, що розглядаються, цей параметр не наближається до значення 50. Відношення $D/h_0 = 50$ було характерне для дровових станів 250, які на даний час не використовуються.

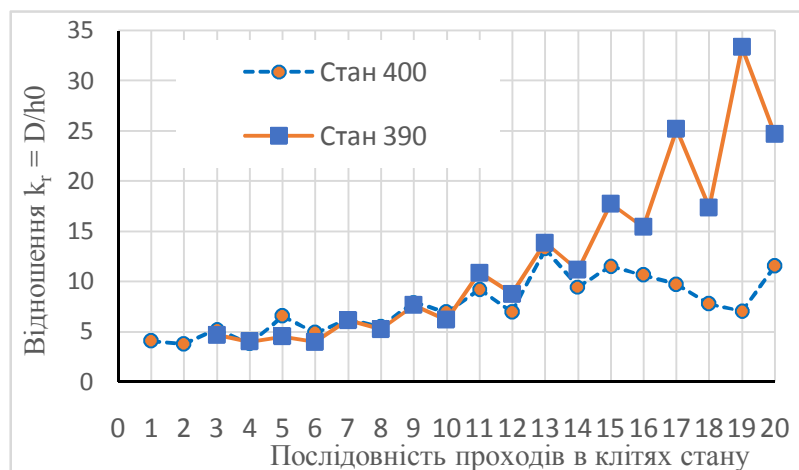


Рис. 1. Розподіл фактичного відношення k_r при прокатуванні арматурних профілів діаметром 10 мм (стан 390) та 12 мм (стан 400)

Отже, фактичний діапазон значень цього параметру відрізняється від наведеного в посібнику [5]. Тому, використання параметру k_r для вибору діаметру валків виглядає недостатньо обґрунтованим.

Зважаючи на значне розширення діапазону зміни діаметрів валків та суттєві відмінності окремих параметрів для однотипних станів, виникає потреба аналізу існуючих співвідношень параметрів валків сучасних станів та виявлення найбільш значимих та інформативних показників, які б дозволяли більш обґрунтовано обирати основні розміри валків.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є аналіз розмірних параметрів валків сучасних станів довгомірного прокату, виявлення характерних особливостей співвідношень розмірів та розробка рекомендацій з вибору основних розмірів за актуальними критеріями. Розглянуто такі розмірні параметри валків як відношення довжини бочки до її діаметру, відношення довжини бочки до діаметру шийки, відношення діаметру шийки до діаметру бочки. Також проаналізовано критерії вибору діаметру валків по групам клітей

Виклад основного матеріалу

Для перевірки відповідності діаметрів валків існуючих станів і визначених за умовами захвату, відповідно до залежності (1), розглянемо узагальнений приклад. Приймаємо коефіцієнт тертя для чорнових клітей 0,4, а для чистових клітей 0,3. Підставляючи ці значення коефіцієнтів тертя в якості максимальних кутів захвату у співвідношення (1), визначимо допустимі

обтиснення в залежності від діаметру. Після перетворень, отримуємо для чорнових клітей: $\Delta h \leq 0,08 \cdot D$; для чистових $\Delta h \leq 0,045 \cdot D$.

Припускаючи, що середнє відносне обтиснення за прохід становить в чорнових клітях 30 %, а в чистових — 15 %, можемо представити абсолютне обтиснення у вигляді: $\Delta h = 0,30 \cdot h_0$; та $\Delta h = 0,15 \cdot h_0$, відповідно.

Прирівнюючи абсолютні обтиснення з умов захвату та за відносним обтисненням, отримуємо співвідношення

$$\begin{aligned} 0,30 \cdot h_0 &\leq 0,08 \cdot D, & D &\geq 3,75 \cdot h_0; \\ 0,15 \cdot h_0 &\leq 0,045 \cdot D, & D &\geq 3,33 \cdot h_0. \end{aligned}$$

За отриманими співвідношеннями, приймаючи початкову товщину розкату в межах можливих значень заготовки (сторона квадрата 200, 160, 125 мм) та поточних значень товщини розкату по клітям, обчислимо діаметр валків з умов захвату і середнього відносного обтиснення. З отриманих результатів, представлених в табл. 2, видно, що розраховані значення діаметрів для чорнових клітей достатньо точно відповідають існуючим станам. Тобто, для чорнових клітей діаметри валків з достатньою точністю можуть визначатись за умовами захвату.

Таблиця 2. Визначення діаметру валків з умов захвату

Кліті стану	Діаметр валків за товщини розкату								
	200	160	125	100	80	60	50	40	30
Чорнові	750	600	470	375	300				
Чистові					266	200	167	133	100

Для проміжних і чистових клітей отримуємо занижені значення діаметрів. Зокрема, для розкатів товщиною 30 мм розрахунковий діаметр становить 100 мм, в той час як на існуючих станам фактичний діаметр клітей чистових груп призначають у межах 280 ÷ 400 мм. Очевидно, що для цих клітей діаметр валків призначають за іншими критеріями.

Для визначення критеріїв вибору розмірів валків станів довгомірного прокату виконано аналіз співвідношень розмірів їх основних елементів на прикладі клітей провідних виробників прокатного обладнання. Для аналізу визначали такі показники:

- відношення довжини бочки до її діаметру L_b/D_b ;
- відношення довжини бочки до діаметру шийки L_b/d_n ;
- відношення діаметру шийки до діаметру бочки d_n/D_b .

В табл. 3 наведено розраховані значення цих параметрів для лінійки безстанинних клітей єгипетської фірми OBSRA [11]. Аналогічні розрахунки виконані для клітей фірми Danieli [12], турецької BBC Steel Tech [13].

Таблиця 3. Параметри безстанинних клітей фірми OBSRA [11]

Позначення параметру	Значення параметрів для типорозмірів клітей								
	280	340	390	440	490	540	600	670	760
Db	280	350	390	440	490	540	600	670	770
	230	295	335	365	420	460	510	565	660
Lb	400	500	630	710	800	800	900	1000	1120
	400	630	800	900	1000	1000	1120	1250	1400
dn	160	180	200	230	260	280	300	340	370
F _n , кН	400	800	1050	1300	1600	2000	2300	3000	4500
T _r , кНм	28	50	100	140	200	280	380	520	1000
T _{sp} , кНм	20	35	70	95	140	190	250	350	670

Продовження таблиці 3

Lbmax/Db	1,43	1,80	2,05	2,05	2,04	1,85	1,87	1,87	1,84
Lbmin/Db	1,43	1,43	1,62	1,61	1,63	1,48	1,50	1,49	1,47
Lbmin/dn	2,50	2,78	3,15	3,09	3,08	2,86	3,00	2,94	3,03
Lbmax/dn	2,50	3,50	4,00	3,91	3,85	3,57	3,73	3,68	3,78
dn/Db	0,57	0,51	0,51	0,52	0,53	0,52	0,50	0,51	0,49

Примітки: F_n — максимальне навантаження на шийку; T_r — момент прокатування; T_{sp} — момент шпинделя.

Згідно отриманих даних, відношення довжини бочки валка до діаметру змінюється у межах від 0,93 до 2,56. Тобто, на відміну від рекомендацій класичних підручників, межі зміни цього параметру значно змістились у бік менших значень.

Відношення діаметрів шийки та бочки валків становить від 0,40 до 0,57. Причому для клітей фірми OBSRA діапазон зміни цього відношення становить $0,49 \div 0,57$, для клітей Danieli $0,46 \div 0,56$, а для клітей BBC ST $0,40 \div 0,47$. Це свідчить, що матеріали валків та конструкції підшипникових вузлів сучасних клітей дозволяють значно зменшити діаметр шийок валків, за приблизно однакової допустимої сили прокатування.

Відношення довжини бочки до діаметру шийки отримали у межах від 2,3 до 4,38. Цей показник не згадується у підручниках як конструктивний параметр валків, але його важливість обумовлена тим, що допустима сила прокатування для клітей станів довгомірного прокату визначається саме міцністю шийки.

Визначені співвідношення розмірів основних елементів валків сучасних станів довгомірного прокату можуть використовуватись при розробці технології прокатування і проектуванні нових станів. Але такі співвідношення не дозволяють визначити діаметр валків для чистових клітей. Зокрема, за даними, наведеними в табл. 1, діаметр валків клітей чистових груп змінюється у широких межах від 280 до 390 мм. Це свідчить про те, що зв'язок діаметру бочки валків з розмірами розкату не простежується. Цей висновок наочно ілюструє рис. 1, коли для однотипних станів і профілів показники $k_r = D/h_0$, для чистових клітей, відрізняються майже у три рази.

Для виявлення факторів, які визначають діаметр валків чистових клітей, проведено аналіз залежності максимальної сили прокатування від діаметру валків.

Зрозуміло, що з збільшенням діаметру валків максимальна сила прокатування буде зростати. Для виявлення виду такої залежності розраховували максимальну силу прокатування з умов міцності шийки валка, тому, що для станів довгомірного прокату цей елемент є найбільш навантаженим. Згідно звичайних залежностей розрахунків валків на статичну міцність [4], напруження згинання в шийці визначають як відношення моменту згинання шийки до моменту опору згинанню. Максимальний момент згинання шийки дорівнює добутку максимальної реакції в опорі на плече дії цієї сили, тобто відстань від центру опори до площини переходу в бочку. Для станів, де валки встановлювали на відкритих підшипниках ковзання, цю відстань приймали як половину довжини шийки. Для сучасних станів, в яких валки встановлюють на підшипниках кочення, використовувати таке співвідношення неприпустимо. З аналізу співвідношень розмірів валків сучасних станів залежність цієї відстані від діаметру шийки валка апроксимовано виразом

$$x_n \approx 0,78 \cdot d_n. \quad (3)$$

Використовуючи це співвідношення з формули для напружень згинання в шийці валка, можемо визначити допустиму реакцію в опорі, тобто максимальне навантаження на шийку

$$\sigma_n = \frac{R_A \cdot x_n}{0,1 \cdot d_n^3} = R_A \frac{7,8}{d_n^2},$$

звідки, з врахуванням допустимих напружень для матеріалу валка, отримуємо

$$R_A = \frac{d_n^2 \cdot [\sigma]}{7,8}. \quad (4)$$

Максимальна реакція в опорі валка може бути визначена через силу прокатування

$$R_A = F_s \frac{(a-X)}{a} = F_s \left(1 - \frac{X}{a}\right) = F_s \left(1 - \frac{x_n + x_g}{L_b + 2 \cdot x_n}\right), \quad (5)$$

де F_s — сила прокатування — розділююча сила в калібрі; a — відстань між центрами опор валка; X — відстань від центру опори до осі крайнього калібру, як сума відстані x_n та відстані від торця бочки до осі крайнього калібру x_g ; L_b — довжина бочки валка.

Так само, як і для відстані x_n , залежність x_g від діаметру шийки апроксимовано виразом

$$x_g \approx 1,16 \cdot d_n - 185. \quad (6)$$

Довжину бочки валка представимо через діаметр шийки $L_b = k_b \cdot d_n$.

Після перетворень, з виразу (5) отримаємо

$$R_A = F_s \left(1 - \frac{1,94 \cdot d_n - 185}{d_n \cdot (k_b + 1,56)} \right), \quad (7)$$

Прирівнюючи реакцію в опорі з виразів (4) та (7) визначаємо максимальну силу прокатування з умов міцності шийки валка

$$F_s = \frac{d_n^2 \cdot [\sigma]}{\left(7,8 - \frac{15,13 \cdot d_n - 1443}{d_n \cdot (k_b + 1,56)} \right)}. \quad (8)$$

З попереднього аналізу розмірів валків було визначено, що величину k_b змінюється від 2,33 до 4,38. В розрахунках сили прокатування цей діапазон прийняли з перевищенням, а саме використали значення 1,75; 4,0; 6,25. Діаметр шийки валка призначали у відповідності з співвідношенням (3), таким чином, щоб діаметр бочки валків дорівнював найбільш поширеним значенням 210, 280, 330, 380 і 450 мм.

Допустимі напруження матеріалу валка прийняли за значеннями межі міцності на згинання для чавунних валків — 140 Н/мм^2 .

Результати розрахунків максимальної сили прокатування, представлені на рис. 2, підтверджують нелінійне але монотонне збільшення максимальної сили прокатування зі збільшенням діаметру валків та зменшенням довжини бочки. Отримані залежності між максимальною силою прокатування і діаметром бочки валків можуть бути використані для вибору останнього, за умови, що технологічні параметри відомі і стабільні.

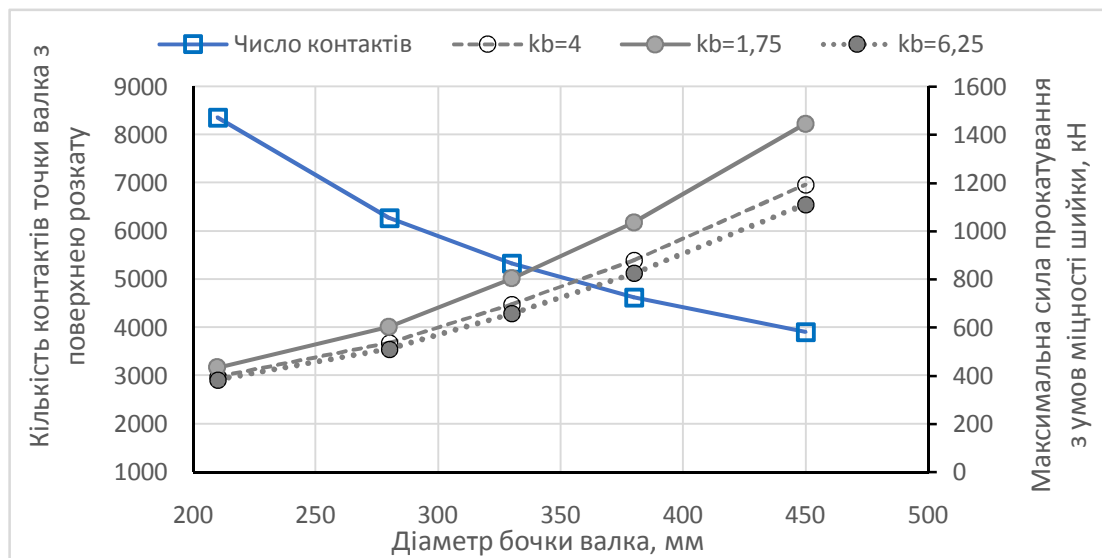


Рис. 2. Залежності максимальної сили прокатування та кількості контактів валка з розкатом від діаметру бочки валків

Дотримання такої умови не завжди можливе, тому для обґрунтування вибору діаметру валків вирішили врахувати їх зносостійкість. Відомо, що чим більше діаметр, тим більше прокату буде отримано за одну установку за незмінного показника інтенсивності зношування. Для опосередкованої оцінки зносостійкості валків в залежності від діаметру використали показник кількості контактів точки на поверхні валка при прокатуванні 1т прокату. Цей показник визначали як відношення довжини розкату масою 1т до довжини окружності по ефективному діаме-

тру в калібрі. Відносну довжину розкату (віднесена до 1 т маси) визначали з залежності

$$l_s = \frac{m}{\rho \cdot A} = \frac{1,316 \cdot 10^5}{A},$$

де l_s — довжина розкату, м; m — маса, яку прийняли 1т; ρ — густина сталі (7800 кг/м³); A — площа перерізу розкату, мм².

На рис. 2 показана залежність кількості контактів валків з поверхнею розкату на прикладі катанки діаметром 5,5 мм, площа перерізу якої становить 23,8 мм². З порівняння залежностей для максимальної сили прокатування та кількості контактів валка з розкатом, можемо зробити висновок, що діаметр валків чистових клітей повинен бути не менше 350 мм.

При використанні валків діаметром 350 мм і більше, забезпечується як достатня сила прокатування, так і зносостійкість. Використання валків діаметром менше 350 мм неефективне через зниження зносостійкості, навіть коли максимальна сила прокатування дозволяє здійснювати прокатування. Цей висновок підтверджується даними табл. 1, де для більшості станів використовують кліті чистових груп з валками діаметром 330—390 мм.

Використання менших діаметрів валків в дротових блоках не суперечить цьому висновку, тому, що в них використовують валки з твердих сплавів, які забезпечують в кілька разів меншу інтенсивність зношування.

Отже, з результатів проведеного аналізу розмірних параметрів валків станів довгомірного прокату слідує, що для чорнових клітей діаметр валків визначають за умовами захвату та розмірами заготовки, а для чистових клітей — виходячи з забезпечення прийнятної зносостійкості. Для клітей проміжних груп діаметри валків обирають в отриманих межах, виходячи з особливостей технології і валкового господарства. Зокрема, для існуючих станів число профілерозмірів валків, за винятком дротових блоків, становить від 3 до 5.

Висновки

За результатами аналізу розмірних параметрів валків станів довгомірного прокату встановлено, що фактичні співвідношення розмірів основних елементів валків лише частково відповідають наведеним в технічній та навчальній літературі.

Відношення номінального діаметру валків до початкової товщини розкату змінюється у межах від 3,75 до 38,5. Слід відзначити, що фактичний діапазон значень цього параметру зміщено у бік менших значень, у порівнянні з наведеним у літературі.

Для відношення довжини бочки до номінального діаметру валків найбільш поширений діапазон значень становить від 0,93 до 2,56. Тобто спостерігається зменшення нижньої межі цього діапазону для клітей станиного і безстаниного типу. Застосування валків з довжиною бочки близькою до її діаметру характерно для чорнових клітей, за винятком консольних.

Відношення діаметрів шийок та бочки валків змінюється від 0,40 до 0,57. Такі значення свідчать про суттєвий прогрес, як у застосуванні нових валкових матеріалів, так і в удосконаленні підшипникових вузлів і клітей сучасних станів.

З проведеного аналізу також слідує, що вибір діаметрів валків чорнових клітей доцільно виконувати за умовами захвату з врахуванням розмірів розкату на вході у кліть. Для чистових клітей, за винятком дротових блоків, діаметр валків слід обирати з врахуванням допустимої сили прокатування та показників зносостійкості матеріалу валка. Обидва ці критерії задовольняються для валків, номінальний діаметр бочки яких дорівнює або більше 350 мм. Для проміжних клітей діаметр валків слід обирати виходячи з показників ефективності валкового господарства прокатного цеху, тобто виходячи з певного числа профілерозмірів валків або підшипників.

Список використаної літератури

1. Бейнон Р. Калибровка валков и расположение прокатных станов. [Перевод с англ. Победина И. С.] Металлургиздат. 1960. 204 с.
2. 44" Blooming Mill – Bethlehem Steel Corporation. Wikimedia Commons. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:44%27_Blooming_Mill_-_Bethlehem_Steel_Corporation,_Lackawanna_Plant,_Route_5_on_Lake_Erie,_Buffalo,_Erie_County,_NY_HAER_NY,15-LACK,1-\(sheet_5_of_8\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:44%27_Blooming_Mill_-_Bethlehem_Steel_Corporation,_Lackawanna_Plant,_Route_5_on_Lake_Erie,_Buffalo,_Erie_County,_NY_HAER_NY,15-LACK,1-(sheet_5_of_8).png)

3. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов : Учебное пособие. М.: Металлургия. 1969. 464 с.
4. Иванченко Ф.К., Гребеник В.М., Ширяев В.І. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: Навчальний посібник. Київ : Вища школа. 1995. 455 с.
5. Фастыковский А.Р., Савельев А.Н. Конструкции и расчеты оборудования прокатных клетей сортовых и листовых станов: [Учебное пособие]. Новокузнецк. СГИУ. 2008. 316 с.
6. Королев А.А. Механическое оборудование прокатных цехов черной и цветной металлургии: Учебник. М.: Металлургия. 1976. 544 с.
7. Maltsev A. Development and research of the deformed bars rolling-slitting process in the mill 390 conditions JSC MMP and give its realization recommendations: Master's work. Donetsk. DonNTU. 2011. URL: <https://masters.donntu.ru/2011/fmf/maltsev/indexe.htm>
8. Wire Rod Mill Line. Typical Layout. Cobe Steel LTD. 2009. URL: https://www.kobelco.co.jp/english/products/rolling/steel/machines/equipment_2.html
9. Bar Mill Line. Typical Layout. Cobe Steel LTD. 2009. URL: https://www.kobelco.co.jp/english/products/rolling/steel/machines/equipment_1.html
10. Wire Rod Mill with Bar in Coil Line. OBSRA. URL: Wire Rod Mill with Bar in Coil Line – OBSRA
11. Housingless Stands. OBSRA. 2016. URL: Housingless Stands – OBSRA
12. Short-Stress-Path Rolling Mill. Made in China. URL: <https://www.made-in-china.com/showroom/guangwangvicky/product-detailUoeJsTwClZYh/China-Short-Stress-Path-Rolling-Mill.html>
13. Rolling Stands. BBC Steel Tech. URL: Rolling Stands - BBC SteelTech.

ANALYSIS OF DIMENSIONAL PARAMETERS OF ROLLS OF LONG PRODUCTS MILLS

Abstract

For long products rolling mills, which in most cases have a significant number of sequentially located working stands, the tasks of choosing the optimal materials, structures and roll sizes are quite relevant. The dimensional parameters of the rolls, which are chosen at the stage of design of the mills, largely determine the efficiency of the technological process. Therefore, the tasks of substantiating the choice of roll sizes for long products rolling mills are relevant and have important practical significance.

The purpose of the work is to analyze the dimensional parameters of rolls of modern long products rolling mills, to identify the characteristic features of size ratios and to develop recommendations for choosing the main sizes according to the most significant criteria.

An analysis of the dimensional parameters of rolls of typical modern mills of long products of several leading manufacturers was performed. It was established that the actual ratios of the sizes of the main elements of the rolls only partially correspond to those given in the technical and educational literature.

The ratio of the nominal diameter of the rolls to the initial rolling thickness varies from 3.75 to 38.5. These values indicate that over the past few decades, the range of changes in this indicator has shifted towards smaller values.

For the ratio of the length of the barrel to the nominal diameter of the rolls, the most common range of values is from 0.93 to 2.56. That is, there is a decrease in the lower limit of this range for stands of housing and housingless type. The use of rolls with approximately the same barrel length and diameter is due to the characteristics of roll materials and the desire to reduce operating costs by simplifying equipment designs.

The ratio of the diameters of the necks and the barrel of the rolls varies from 0.40 to 0.57. Such values indicate significant progress, both in the use of new rolls materials and in the improvement of modern bearing assemblies and stands.

Recommendations have been developed for the selection of the main sizes of rolls by groups of stands of long products rolling mills. From the calculations of the admissible rolling force according to the conditions of the strength of the necks of the rolls, it is proved that according to the criteria of strength and wear resistance, the minimum diameter of the rolls of finishing stands is 350 mm.

The limits of changes in the dimensional parameters of the rolls determined from the analysis and the recommendations for choosing such dimensions can be used in the design of new rolling mills.

References

- [1] Beynon R. (1960) *Kalibrovka valkov i raspolozhenie prokatnykh stanov [Roll Design and Mill Layout]*. Perevod s angl. Pobedina I. S.. M.: Metallurgizdat. 204 p. [in Russian].
- [2] 44" Blooming Mill – Bethlehem Steel Corporation. Wikimedia Commons. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:44%27_Blooming_Mill_-_Bethlehem_Steel_Corporation,_Lackawanna_Plant,_Route_5_on_Lake_Erie,_Buffalo,_Erie_County,_NY_HAER_NY,15-LACK,1-\(sheet_5_of_8\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:44%27_Blooming_Mill_-_Bethlehem_Steel_Corporation,_Lackawanna_Plant,_Route_5_on_Lake_Erie,_Buffalo,_Erie_County,_NY_HAER_NY,15-LACK,1-(sheet_5_of_8).png)
- [3] Korolev A.A. (1969) *Konstruktsiya i raschet mashin i mekhanizmov prokatnykh stanov: Uchebnoe posobie. [Design and calculation of machines and mechanisms of rolling mills. Tutorial]*. M: Metalurhiya, 464 p. [in Russian].
- [4] Ivanchenko F.K., Hrebennyk V.M., Shyriaiev V.I. (1995) *Rozrakhunok mashyn i mekhanizmiv prokatnykh tsekhiv: Navchalnyi posibnyk. [Calculation of machines and mechanisms of rolling shops: Study guide.]*. Kyiv: Vyscha shkola. 455 p. [in Ukrainian].
- [5] Fastyikovskiy A.R., Savelev A.N. (2008) *Konstruktsii i raschetyi oborudovaniya prokatnykh kletey sortovykh i listovykh stanov: [Uchebnoe posobie]. [Designs and calculations of equipment for rolling stands and sheet mills: Tutorial]*. Novokuznetsk. SGIU. 316 p. [in Russian].
- [6] Korolev A.A. (1976) *Mekhanicheskoe oborudovanie prokatnykh tsekhov chernoy i tsvetnoy metallurgii: Uchebnyk. [Mechanical equipment of rolling shops of ferrous and non-ferrous metallurgy: Textbook]*. M.: Metallurgiya. 544 p. [in Russian].
- [7] Maltsev A. (2011) Development and research of the deformed bars rolling-slitting process in the mill 390 conditions JSC MMP and give its realization recommendations: Master's work. Donetsk. DonNTU. URL: <https://masters.donntu.ru/2011/fmf/maltsev/indexe.html>
- [8] Wire Rod Mill Line. Typical Layout (2009) Cobe Steel LTD. URL: https://www.kobelco.co.jp/english/products/rolling/steel/machines/equipment_2.html .
- [9] Bar Mill Line. Typical Layout (2009) Cobe Steel LTD. URL: https://www.kobelco.co.jp/english/products/rolling/steel/machines/equipment_1.html
- [10] [10] Wire Rod Mill with Bar in Coil Line. OBSRA. URL: Wire Rod Mill with Bar in Coil Line – OBSRA
- [11] Housingless Stands. OBSRA. (2016). URL: Housingless Stands – OBSRA.
- [12] Short-Stress-Path Rolling Mill. Made in China. URL: <https://www.made-in-china.com/showroom/guangwangvicky/product-detailUoeJsTwClZYh/China-Short-Stress-Path-Rolling-Mill.html>
- [13] Rolling Stands. BBC Steel Tech. URL: Rolling Stands - BBC SteelTech.

Надійшла до редколегії 14.11.2022