

где T_6 - период времени за базовый срок службы, в который эксплуатируют конвейер с пониженной скоростью

Выводы и направление дальнейших исследований. Анализ факторов, влияющих на долговечность става, и установление взаимосвязи их с мерами повреждения, позволили составить уравнение повреждения конвейерного става. Показано, что при транспортировании крупных кусков долговечность става существенно зависит от скорости ленты, что отражено в управлении долговечностью для опорных конструкций.

Установлено, что режим регулирования скорости конвейера по грузопотоку является наиболее благоприятным для конструкций, а самым тяжелым является случай, когда не вращается часть роликов. Для уменьшения напряжений в конструкциях рекомендуется снижать скорость транспортирования до уровня, при котором конвейер загружается до номинальной величины.

Список литературы

1. Бейгул О.А. Исследование и обоснование параметров несущих металлоконструкций ленточных конвейеров: Автореф. дис. канд. техн. наук. – М., 1990. – 14 с.
 2. Назаренко В.М., Ефименко Л.И. Оценка усилий на став ленточного конвейера при регулировании скорости транспортирования. - Изв. вузов. - Горн. журн., 1985 - С.60 - 62.
 3. Энергоемкость транспортирования ленточными конвейерами крупнокузовых грузов. Н.С. Поляков, В.К. Смирнов, В.Ф. Монастырский и др. - М., 1997 -8 с. Деп. в ВИНТИ.
- Рукопись поступила в редакцию 13.01.12

УДК 621.771

М.М. БЕРЕЖНИЙ, д-р техн. наук, проф.; В.А. ЧУБЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
А.А. ХІНОЦЬКА, асистент; А. ГЛІНКІН, студент, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ЧАС ПЕРЕБУВАННЯ МЕТАЛУ В ОСЕРЕДКУ ДЕФОРМАЦІЇ ТА УТВОРЕННЯ НОВОЇ ПОВЕРХНІ

Вперше визначено час перебування металу в осередку деформації, який змінюється в режимах прокатування в межах від $7 \cdot 10^{-5}$ до 0,2 с. Досліджено зміну розмірів осередку деформації при прокатуванні і знайдено сумарну зовнішню поверхню, яка була до входу у валки і яка стала після виходу, розраховано величину знов створеної поверхні при прокатуванні залежно від режимів обробки.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. У процесі прокатування потрібно отримати виріб заданої форми та розмірів. Під дією пластичної деформації форма поперечного перерізу змінюється, тому важливо дослідити зміни, що відбуваються в осередку деформації. Це дасть можливість підвищити продуктивність прокатування та покращити якість отриманої продукції.

Аналіз досліджень та публікацій показує, що виходячи з закону про постійність секундного об'єму металу, який проходить через площу поперечного перерізу на вході й виході з осередку деформації, або з закону безперервності потоку металу, можна вважати подовження - співвідношення швидкості на вході до швидкості на виході в осередок деформації, як відношення довжин розкату після і до осередку деформації (рис. 1) [1-4]

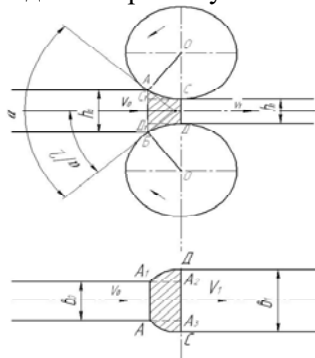


Рис. 1. Схема осередку деформації для визначення його поверхні і об'єму

$$\frac{v_1}{v_0} = \frac{l_1}{l_0} = \frac{b_0 h_0}{b_1 h_1}; \quad (1)$$

де v_0 - швидкість металу на вході у валки; v_1 - швидкість металу на виході з валків; l_0 - довжина смуги до прокатування; l_1 - довжина смуги після прокатування; b_0 - ширина смуги до прокатування; b_1 - ширина смуги після прокатування; h_0 - висота смуги до прокатування; h_1 - висота смуги після прокатування.

Тобто прокатування здійснюється, коли відбувається зміна поперечного перерізу розкату, а з ним і зовнішньої його поверхні за рахунок внутрішніх переміщених об'ємів металу у вільні боки (уширення) і в напрямку прокатки (подовження) [5,6].

Постановка завдання: Визначити час перебування металу в осередку деформації та його зовнішню поверхню, знайти величину знову створеної поверхні при прокатуванні.

Викладення матеріалу та результатів. Осередок деформації металу призматичної форми має шість поверхонь - чотири закритих і дві відкритих. Одна закрита прямокутної форми умовна поверхня поперечного перерізу розкату, через яку він входить в осередок деформації. Дві закриті симетричні поверхні контакту між поверхнями валків і розкату.

Ці поверхні мають циліндричну форму радіусом рівним радіусу валків і шириною, рівною довжині дуги захвату. Довжина цих поверхонь на вході у валки дорівнює ширині штаби b_o , а на виході з валків вона рівна ширині розкату b_1 .

Четверта закрита поверхня буває відкритою в період захвату штаби: під час процесу прокатування вона представляє собою хвостовий кінець розкату, або площу поперечного перерізу осередку деформації на виході з валків, тобто кінець осередку деформації та процесів які в ньому відбуваються. Зрозуміло, що метал під дією тиску може виходити з осередку деформації найвірогідніше через цю закрито-відкриту поверхню, бо в неї метал направляють дотичні напруження на контактній поверхні, тобто валки та тиск, створений валками в осередку деформації. Згідно закону Паскаля, якась частка внутрішнього об'єму металу осередку деформації може видавлюватись в дві бокові симетричні вільні поверхні. Найменше шансів попасти в уширення у атомів з контактної поверхні з-за великих напружень нормальних і напрямку вектора тангенціальних напружень: навіть рідини з в'язкістю и тиском в тисячі раз меншими, ніж прокатуванні метали, утворюють біля своїх берегів нерухомі прилиплі шари атомів чи молекул.

Найменшу питому зовнішню поверхню (у m^2/m довжини) мають штаби з квадратним поперечним перерізом. Ще меншу зовнішню питому поверхню мають вписані в той квадрат циліндри при $a=r$: $6a^2=2\pi r^2+2\pi l=2\pi r(r+l)$, але при прокатуванні циліндри дають тільки подовження, за рахунок якого збільшується зовнішня поверхня розкату згідно теореми Остроградського-Гауса. Цікавим є процес прокатування штаби об'ємом $b_o h_o l_o$ при $l_o=1$ м, коли утворюється нова поверхня розкату за рахунок уширення і подовження при об'ємі розкату $h_1 b_1 l_1 = h_o b_o l_o$ [2].

Отже, хоч $b_1 > b_o$, а $h_o > h_1$, $l_1 > l_o$; $l_1 > 1$, коли l_o приймаємо рівним 1 м. Сумарна зовнішня питома поверхня прямокутної призми до входу у валки $F_{озов}$ дорівнює

$$F_{озов} = 2b_o h_o + 2b_o l_o + 2h_o l_o = 2(b_o h_o + b_o l_o + h_o l_o). \quad (2)$$

Після виходу з валків вона дорівнює

$$F_{1зов} = 2b_1 h_1 + 2b_1 l_1 + 2h_1 l_1 = 2(b_1 h_1 + b_1 l_1 + h_1 l_1). \quad (3)$$

Різниця між зовнішніми поверхнями після виходу і до входу розкату з валків є знову створена поверхня внаслідок процесу прокатування в осередку деформації

$$\Delta F = F_{1зов} - F_{озов} \quad (4)$$

Зовнішня поверхня осередку деформації дорівнює

$$\begin{aligned} F_{одзов} &= b_o h_o + b_1 h_1 + 2b_o l_{дз} + 4 \cdot \frac{1}{2} \ell_{дз} (b_o - b_1)/2 + 2(h_1 + h_o)/2 \cdot R \sin \alpha_y / 2 = \\ &= b_o h_o + b_1 h_1 + b_o l_{дз} + b_1 l_{дз} - (h_1 + h_o) \cdot R \sin \alpha_y / 2; \quad (5) \\ F_{одзов} &= b_o h_o + b_1 h_1 + (b_o + b_1) l_{дз} - (h_1 + h_o) \cdot R \sin \alpha_y / 2, \end{aligned}$$

де $l_{дз}$ - довжина дуги захвату в період захвату, а потім під час усталеного режиму прокатування $l_{дз} \rightarrow l_{дз} = \alpha_y / 2$; $R \sin \alpha_y / 2$ - довжина осередку деформації, тобто відстань між площинами $b_o h_o l_o$ і $b_1 h_1$; R - радіус валка; $\alpha_y / 2$ - кут захвату при усталеному режимі прокатування в градусах.

Довжина дуги захвату при усталеному режимі прокатування дорівнює

$$l_{дз} = \pi R / 180 \cdot \alpha_y / 2 = 0,0174 R \alpha_y / 2. \quad (6)$$

Отже,

$$\begin{aligned} F_{одзов} &= b_o h_o + b_1 h_1 + (b_o + b_1) 0,0174 R \alpha_y / 2 + (h_1 + h_o) R \sin \alpha_y / 2 = \\ &= b_o h_o + b_1 h_1 + R [(b_o + b_1) 0,0174 \alpha_y / 2 + (h_1 + h_o) \sin \alpha_y / 2] \quad (7) \end{aligned}$$

Розраховано час перебування металу в осередку деформації за формулою і занесені в табл. 2.

$$\tau = V_{одп} / v_o F_o, \quad (8)$$

Для розрахунку використовували характерні випадки прокатування (табл.1) [7,8].

Параметри прокатування в характерних випадках

*№ з/п	** $\alpha_y/2$, град	** $\alpha_y/2$, град	h_o , мм	h_1 , мм	*** Δh , мм	b_o , мм	b_1 , мм	**** Δb , мм	v_o , м/с	v_1 , м/с	R_B , мм
1	4	2,7	2,0	1,92	0,08	1000	1010	10	20	21,9	60
2	10	6,0	5,0	4,7	0,3	1000	1020	20	15	17,15	100
3	15	11,54	100	92	8	1000	1100	100	10	11,4	200
4	24	18,5	200	180	20	1000	1150	150	8	9,0	300
5	29	22,3	300	255	45	1000	1170	170	5	5,7	400
6	34	26,0	500	400	100	1000	1200	200	3	3,4	500

*1,2 - Листові стани холодної прокатки; 3,4 - Листової стани гарячої прокатки; 5,6 - Бломінги і слябінги; ** $\alpha_y/2$, $\alpha_y/2$ - кути захвату та при усталеному режимі прокатування; *** $\Delta h=h_o-h_1$ - обтиснення; **** $\Delta b=b_1-h_o$ - уширення.

$V_{одер}$ - об'єм осередку деформації середній при певному режимі (табл. 1), розрахований за формулою

$$V_{od}^{**} = 0,5b_o h_o R \sin \alpha_y / 2 \left[\frac{b_1}{3b_o} + \frac{3h_1}{h_o} + \frac{3R}{h_o} \left(1 + \frac{b_1}{b_o} \right) \left(1 - \frac{0,0174\alpha_y / 2}{\sin \alpha_y / 2} \right) + \frac{2}{3} \right] \quad (9)$$

де $\alpha_y/2$ - кут прокатування при усталеному режимі прокатування; R - радіус валків; v_o - швидкість металу (м/с).

Ця швидкість проходить через площину $F_o=b_o h_o$. Далі можна визначити величину швидкості утворення нової поверхні при прокатуванні

$$v_{\Delta h} = \Delta F / \tau. \quad (10)$$

Але спочатку розрахуємо складові зовнішньої поверхні осередку деформації і її саму, а потім величину приросту поверхні розкату, маючи на увазі, що зовнішня питома поверхня розкату, яку він має на вході у валки не закатується, а залишається в складі такої поверхні після виходу з валків.

Знов створена поверхня прокатування дорівнює

$$\Delta F = 2b_1 h_1 + 2h_1 l_1 + 2b_1 l_1 - (2b_o h_o + 2h_o l_o + 2b_o l_o). \quad (11)$$

Швидкість утворення нової поверхні розраховано за формулою (10).

Результати розрахунку зовнішньої поверхні осередку деформації та її складових наведено в табл.2.

Таблиця 2

Площа зовнішньої поверхні осередку деформації та її складових і час перебування металу в осередку деформації

Номери режимів з табл. 1	$V_{одер}$, м ³	l_1 , м	$F_{1од}$, м ² %	$F_{2од}$, м ² %	$F_{3од}$, м ² %	$F_{4од}$, м ² %	$F_{\Sigma од}$, м ² %	ΔF^{**} , м ² %	τ , с	v_F , м/с
1	$4,53 \cdot 10^{-6}$	1,127	$\frac{0,002}{22,2}$	$\frac{0,00194}{21,5}$	$\frac{0,00056}{56,19}$	$\frac{0,0001}{0,11}$	$\frac{0,009}{100}$	$\frac{0,00026}{0,1}$	$2,13 \cdot 10^{-4}$	1,823
2	$52,6 \cdot 10^{-6}$	1,09	$\frac{0,005}{33,3}$	$\frac{0,0048}{32,0}$	$\frac{0,0506}{34,0}$	$\frac{0,0001}{0,7}$	$\frac{0,015}{100}$	$\frac{0,223}{9,94}$	$7,013 \cdot 10^{-5}$	3180,
3	$4,51 \cdot 10^{-3}$	1,307	$\frac{0,1}{32,6}$	$\frac{0,11}{35,8}$	$\frac{0,084}{27,56}$	$\frac{0,0124}{4,04}$	$\frac{0,307}{100}$	$\frac{0,918}{27,7}$	$4,413 \cdot 10^{-3}$	208,0
4	$18,3 \cdot 10^{-3}$	1,085	$\frac{0,2}{30,7}$	$\frac{0,207}{31,8}$	$\frac{0,208}{31,9}$	$\frac{0,036}{5,6}$	$\frac{0,651}{100}$	$\frac{0,0978}{3,375}$	0,188	0,52
5	$42,1 \cdot 10^{-3}$	1,17	$\frac{0,3}{25,9}$	$\frac{0,298}{25,8}$	$\frac{0,337}{29,1}$	$\frac{0,292}{19,2}$	$\frac{1,157}{100}$	$\frac{0,333}{9,425}$	0,126	2,643
6	$117,2 \cdot 10^{-3}$	1,25	$\frac{0,5}{30,1}$	$\frac{0,468}{28,2}$	$\frac{0,491}{29,4}$	$\frac{0,204}{12,3}$	$\frac{1,662}{100}$	$\frac{0,96}{19,35}$	0,122	7,869

* $F_{1од}$, $F_{2од}$ - відповідно площа поперечного перерізу розкату на вході у валки, те ж, на виході з валків; $F_{3од}$ - площа контактної поверхні між валками і прокатуваним металом; $F_{4од}$ - площа вільної бокової поверхні уширення розкату; ΔF^{**} - площа знову утвореної поверхні; τ - час перебування в осередку деформації; v_F - швидкість приросту поверхні розкату; $F_{\Sigma од}$ - повна зовнішня поверхня, визначено за формулою $F_{\Sigma од} = F_{1од} + F_{2од} + F_{3од} + F_{4од}$.

Висновок і подальший напрямок дослідження. Таким чином, вперше визначено час перебування металу в осередку деформації, який змінюється в режимах прокатування в межах від

$7 \cdot 10^{-5}$ до 0,2 с. Розраховано залежність площі зовнішньої поверхні осередку деформації та знову створеної поверхні від режимів прокатування, де видно, що на блюмінгах і слябінгах, де відбуваються великі обтиснення, збільшується інтенсивність утворення нової поверхні. В подальшому потрібно визначити енергетичний баланс осередку деформації.

Список літератури

1. Василев Я.Д., Мінаєв О.А. Теорія повздовжньої прокатки. – Підручник. – Донецьк: УНІТЕХ, 2009. – 488 с.
2. Головин А.Ф. – Прокатка. – Ч.1. – Свердловськ: Metallurgizdat, 1933. – 273 с.
3. Смирнов В.С. – Теория прокатки. – М.: Metallurgiya, 1967. – 460 с.
4. Целиков А.И. – Основы теории прокатки. – М.: Metallurgiya, 1965. – 247 с.
6. Шломчак Г.Г. – Реологическая концепция в теории прокатки металлов. – Сучасні проблеми металургії. «Наукові вісті». – Том 5. Пластична деформація металів. Дніпропетровськ: «Системні технології», 2002. –с. 97 - 101.
7. Старченко Д.І. – Динаміка повздовжньої прокатки. – Навч.посібник. – Київ, ІСДО. – 1995. – 384 с.
8. Коновалов Ю.В. – Справочник прокатника. – Справочн. изд – е в 2-х книгах. – Книга 1. – Производство горячекатаных листов и полос. М.: Теплотехник, 2009. – 640 с.

Рукопис подано до редакції 20.01.11

УДК 621.771.22: 62-52

В.Ю. ХАРЛАМЕНКО, асистент, ДВНЗ «Криворізький національний «університет

ОПТИМАЛЬНЕ СТОХАСТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ОБТИСНЕННЯ МЕТАЛУ НА БЛЮМІНГУ

Визначено необхідність керування обтиснення металу на блюмінгу з використанням оптимальних стохастичних систем. Розглянуто структуру оптимальної стохастичної системи керування обтиснення металу. Наведено вибір критерію оптимальності керування та вибір структури та параметрів спостерігача стану.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Основним механізмом блюмінгу є прокатна кліть, що складається з двох обтискових валів, що приводяться в рух реверсивним електроприводом. Спочатку блюми розігріваються у нагрівальних колодязях для покращення пластичних характеристик зливу. Після видачі з нагрівального колодязя зливки подається в кліть. У кліті зливки обтискається і, тим самим, змінюються його пластичні характеристики. Також у процесі обтиснення усуваються такі дефекти як нерівності, тріщини, раковини, ліквації та інші. Після обтиснення в клітях зливки потрапляє на дільницю прибирання металу. Ця дільниця є завершальною ланкою в технологічному процесі.

Саме дефекти, що описані вище, а також причини, пов'язані з технологією виготовлення блюмів призводять до зміни моменту навантаження, що в свою чергу приводить до різкої зміни величини споживаної потужності. Тому майже весь період прокатки відбувається в нестаціонарному режимі.

Об'єкт, що працює в режимі випадкового навантаження знаходиться під впливом постійно діючих корисних та шкідливих дій. Для процесу гарячої прокатки шкідливою дією є збурення випадкового характеру, що викликають значні відхилення амплітуди вихідного сигналу від режимних показників. При цьому, гармоніки споживаної потужності не несуть корисного навантаження, а тільки витрачаються на нагрівання електричної частини привода, сприяють прискореному зношуванню механічного обладнання і збільшенню енергоспоживання [1]. Актуальність даного напрямку досліджень обумовлена значною енергоємністю на блюмінговому виробництві. У даному випадку має місце нераціональне використання енергоресурсів, внаслідок коливання споживаної потужності.

Аналіз досліджень та публікацій. Аналізом режимів роботи об'єктів, що працюють в режимі випадкового навантаження та формуванням методів керування даними об'єктами займається ціла наукова школа, до складу якої входять видатні вітчизняні наковці. До них необхідно віднести О.Ю. Лозинського [1], дослідження якого пов'язані з виявленням нестаціонарних режимів електродугової сталеплавильної печі та вироблення адекватної керуючої дії. А.В. Маляр в своїй роботі займався розробкою системи стабілізації координат в електроприводах з випадковим збуренням. Також треба згадати О.І. Рогачова, який розробляв методи енергозберігаючого керування нестаціонарними режимами технологічних процесів. Застосування сучасних методів керування об'єктами, що працюють в режимі випадкового навантаження відображено в роботі Кузнецової Т.Б., що присвячена розробці лінійно-квадратичних регуляторів та спостерігачів для лінеаризованої моделі електроприводу блюмінга у режимі пробуксовування валків.