

УДК 621.87

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПРЕФОРМАЦІЇ АРМУЮЧОГО ЕЛЕМЕНТА КОЛІС САМОХІДНИХ КРАНІВ

І.Г. Міренський, проф., д.т.н., Д. С. Крикун, студ.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** Запропоновано малогабаритну та металоемну конструкцію преформуючого пристрою на опорах кочення елементів металокорду. Обґрунтовано раціональні параметри настрійовання технологічного пристрою. Здійснено оцінку ефективності від застосування дводискового преформатора.

**Ключові слова:** преформуючий пристрій, металокорд, армування, попередня деформація, залишкова крутимость, прямолінійність, динамічний натяг.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕФОРМАЦИИ АРМИРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА КОЛЕС САМОХОДНЫХ КРАНОВ

И.Г. Миренский, проф., д.т.н., Д.С. Крикун, студ.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

**Аннотация.** Предложена малогабаритная и металлоемкая конструкция преформирующего устройства на опорах качения элементов металлокорда. Обоснованы рациональные параметры настройки технологического устройства. Осуществлена оценка эффективности от применения двухдискового преформатора.

**Ключевые слова:** преформирующее устройство, металлокорд, армирование, предварительная деформация, остаточная крутимость, прямолинейность, динамическое натяжение.

## DEVICE FOR PREFORMING THE REINFORCING ELEMENT OF SELF-PROPELLED CRANE WHEELS

I. Mirenskiy, Prof., Doc. of Tech. Sc., D. Krikun, student,  
Kharkiv National Automobile and Highway University

**Abstract.** The small-size metal-intensive design of the preforming device on the supports of metal cord elements rolling is offered. Rational parameters of the technological device adjustment are substantiated. Efficiency of application of the two-disk preformer is estimated.

**Key words:** preforming device, metal cord, reinforcing, preliminary deformation, residual spinning, linearity, dynamic tension.

### Вступ

Враховуючи світову тенденцію застосування дроту високої міцності при виготовленні звитих виробів, на сьогодні для армування пневматичних коліс самохідних кранів і будівельно-дорожніх машин широко використовують металокорд різних типів залежно від вантажопідйомності. Таке технічне рішення

сприяє підвищенню характеристики міцності гумотехнічних виробів, а також їх надійності та транспортних засобів у цілому. Згідно з технічним стандартом до металокорду передбачені вимоги, притаманні сталевим канатам, а також додаткові – залишкова крутимость і параметри прямолінійності. Для отримання зазначеного звитого виробу потрібної якості кордозвивальні машини облад-

нані комплексом технологічних пристроїв, серед яких особливе місце займає преформуючий пристрій.

Таким чином, вирішення проблеми з розробки нових і удосконалення існуючих конструкцій звивального обладнання для виробництва пасм і металокорду є актуальним та своєчасним, впровадження якої сприяє підвищенню її продуктивності, надійності транспортних машин, зменшенню габаритних розмірів і отриманню звитого виробу потрібної якості.

### Аналіз публікацій

У процесі звивання елементи звитого виробу згинаються по гвинтовій лінії та піддаються глибокій пружно-пластичній деформації, внаслідок чого вони знаходяться в напружено-деформованому стані. При цьому в перерізах дротів у процесі виготовлення виникають значні звивальні напруження. Наявність останніх істотно впливає на довговічність звитої конструкції.

Для їх нейтралізації широко застосовується традиційний спосіб преформування [1], що передбачає наявність трьох роликів однакового діаметра для кожного елемента крученого виробу. За даним принципом розроблено конструкції тридискового преформатора різної модифікації, що встановлюється на роторі звивальної машини перед обтискними плашками, що формують канат. Ступінь необхідної преформації зазначених пристроїв регулюється поворотом середнього та осьовим переміщенням крайніх дисків. При цьому точки контакту середнього ролика з преформуючим елементом розподіляють відстань між крайніми роликами на рівні ділянки, що складають приблизно половину кроку звивання.

Основний недолік даних технологічних пристроїв полягає в тому, що регулювання необхідних параметрів спіралі преформуючого елемента (діаметра та кроку) взаємозв'язані, тобто зміна ступеня деформації зміщенням середнього ролика має узгоджуватися з осьовим переміщенням крайніх. Однак при переході на випуск канатів іншого типорозміру ця специфіка не враховується і негативно позначається на якості виробу. Крім того, для розміщення підшипників необхідна значна відстань між роликами, що веде до збільшення габаритних розмірів. Вказані недоліки

обмежують сферу використання вказаних технологічних пристроїв.

Для преформування круглих пасм діаметром 1,4–2,75 мм при звиванні троса малого типорозміру за цим принципом розроблено преформатор, що містить змонтований на роторі машини за розподільним диском за ходом технологічного процесу порожнистий корпус і жорстко закріплені на ньому обойми, кожна з яких несе по три деформуючі ролики. Корпус виконаний у вигляді усіченої піраміди, а кожна обойма – зігнутою відповідно до двох сусідніх граней корпусу пластини, на одній стороні якої розміщені два крайніх, а на іншій – середній ролик, і закріплена за допомогою утримувача на ребрі корпусу.

Таке рішення робить конструкцію складною і металоємною, що більш вірогідно призведе до появи дисбалансу системи. Закладений принцип настроювання веде також до зростання його габаритності. Сукупність цих недоліків у більшості випадків не дозволяє застосовувати преформатори розробленої конструкції на швидкісних кордозвивальних машинах.

При звиванні особливо тонких канатів, якими є металокорд, із урахуванням того, що діаметр дротів не перевищує 0,27 мм, практично неможливо виготовити ролики такого малого типорозміру для забезпечення необхідної преформації. Крім того, для розміщення технологічного пристрою на канатних машинах відведено обмежене місце, яке не дозволяє розмістити деформуючі ролики з опорами на необхідній відстані.

У зв'язку з цим в металокордовому виробництві для забезпечення виробу, що не розкручується, використовують пластинчасті преформатори, які складаються з двох або трьох пластин. Як деформуючий елемент вказаних технологічних пристроїв застосовують зносостійкі вставки, циліндричні пальці та пази в дисках, через які проходять дроти перед скручуванням у кручений виріб [2]. На сьогодні при виготовленні металокорду на багатороторних машинах типу  $DV-2(1+6)$  встановлені двопластинчасті преформуючі пристрої, обладнані по периметру ніпель-фільтрами [3]. Потрібний ступінь преформації досягається зміщенням із відставанням диска відносно корпусу на певний кут залежно від конструкції звитого виробу,

що виготовляється. Ковзання дротів по деформуючих елементах викликає виникнення значних динамічних зусиль, внаслідок яких зростає обривність дротів у процесі звивання, збільшується витрата металу і пошкоджується латунне покриття. В цілому ці явища негативно позначаються на якісних показниках металокорду та продуктивності звивального обладнання кручених виробів. Необхідно також відзначити, що впровадження зазначеної конструкції технологічного пристрою викликає певні труднощі при заправці та дозволяє переробляти лише обмежений типорозмір дроту.

### Мета і постановка задачі

Метою роботи є підвищення надійності пневматичних коліс вантажопідіймних і будівельно-дорожніх машин за рахунок удосконалення технологічного обладнання, зокрема пристрою попередньої преформування дротів при виготовленні армуючого елемента.

Для реалізації зазначеної мети потрібно вирішити такі задачі:

- розробити конструкцію преформуючого пристрою на опорах кочення на підставі теоретичних і експериментальних досліджень;
- обґрунтувати раціональні параметри настроювання;
- виконати оцінку ефективності від впровадження запропонованого технологічного пристрою.

### Преформуючий пристрій на опорах кочення для виготовлення металокорду

Для вирішення даної задачі виконано аналіз конструкцій преформаторів у галузі канатного виробництва на підставі патентної інформації в рамках СНД і провідних промислово розвинених країн, що займаються розробкою аналогічного устаткування, а також наукових праць, що дозволив виявити прогресивні технічні рішення та відзначити характерну особливість: усі запропоновані розробки передбачають преформування кожного елемента звитого виробу окремо.

З метою усунення відзначених недоліків, притаманних роликівим і пластинчастим преформаторам, для виготовлення металокорду та сталевих канатів тонких діаметрів розроблено нову конструкцію дводискового технологічного пристрою на опорах кочення

(рис. 1). В основу даного пристрою покладено новий принцип здійснення попередньої деформації елементів крученого виробу – одночасне преформування двох дротів на одному деформуючому ролику. Зменшення у три рази роликів, що обертаються, значно підвищує надійність пристрою та знижує металоємність конструкції. Таке технічне рішення набуває важливого значення при застосуванні на швидкісних кордозвивальних машинах.

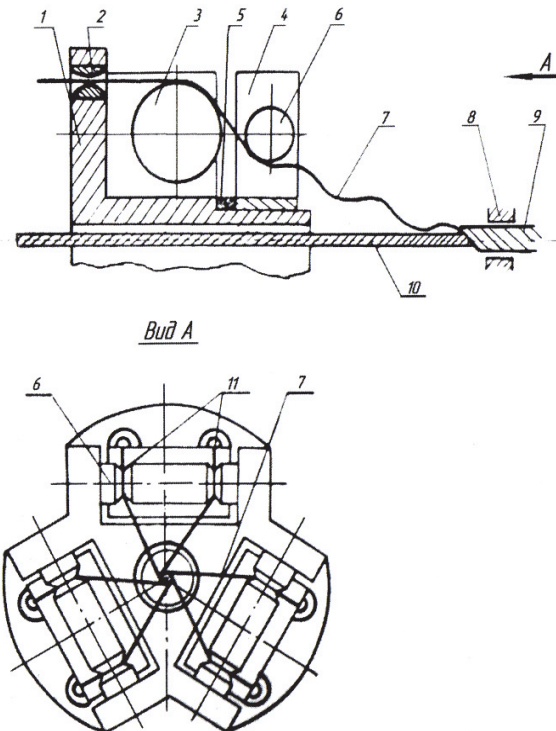


Рис. 1. Пристрій на опорах кочення зі схемою преформування елементів звитого виробу: 1 – корпус; 2 – ніпель; 3 – напрямний диск; 4 – диск; 5 – прокладка; 6 – деформуючий ролик; 7 – дріт; 8 – плашки звивання; 9 – готовий виріб; 10 – осердя

Преформатор містить корпус 1, виконаний з одного боку у вигляді розподільного шаблона з ніпелями 2 по периметру, а з іншого – сегментів, що утримують на опорах кочення гладкі напрямні ролики 3. До корпуса закріплено диск 4, виконаний у вигляді аналогічної конфігурації, з можливістю лінійного переміщення уздовж осі пристрою за рахунок розміщення прокладок 5. У щоках диска на опорах кочення розташовані деформуючі ролики 6, що мають по дві канавки 11. Уся система (корпус з диском) жорстко закріплена на роторі машини за допомогою гвинта.

Запропонований пристрій працює таким чином: кожен дріт 7 пропускається через ніпель-фільтри 2, попарно обводиться в напрямному 3 і канавках деформуючого ролика 6, а потім заправляється у плашки звивання 8, що формують гнучкий виріб 9, разом з осердям 10. При обертанні ротора машини елементи виробу, проходячи по вказаних вище роликах, преформуються та звиваються в металокорд.

На напрямному ролику 3 дріт згинається в зоні пружної деформації, а на деформуючому – пластично деформується у спіральну форму. Регулювання кроку залишкової спіралі здійснюється за рахунок зміни відстані між віссю другого за ходом технологічного процесу ролика 6 і звивальними плашками 8.

Крок отриманої спіралі відповідає заданому за певної відстані. Відхилення від вказаної умови призводить до зміни кроку та додаткового звивання крученого виробу. Діаметр залишкової спіралі дроту регламентується типорозміром деформуючого ролика та відстанню між роликами з урахуванням товщини прокладок 5.

У процесі опрацювання конструкції преформатора виконано комплекс теоретичних і експериментальних досліджень у лабораторних і промислових умовах, що дозволили обґрунтувати раціональне співвідношення відстані між центрами канавок на деформуючому ролику з позиції забезпечення структурної цілісності за довжиною та перерізом металокорду, що виготовляється.

Для досягнення поставленої мети розроблено лабораторний стенд, який дозволяє імітувати процес преформування дротів та їх звивання в металокорд. При цьому імітація здійснювалася тільки на двох дротах.

Лабораторний стенд (рис. 2) містить наведені нижче пристрої та механізми, змонтовані на горизонтальній плиті. Макет преформатора складається з корпусу 1 з деформуючим роликом 2, втулки 3 з напрямним роликом 4, що має можливість переміщатися уздовж осі корпусу та фіксується в необхідному положенні стопором 5. Деформуючий ролик 2 має розташовані на певній відстані дві канавки для проходження по них дротів, що преформуються.

Ротор 6, на якому за допомогою фіксатора 7 закріплюється корпус 1 макета преформатора, містить напрямні блоки 8 і 9 з двома канавками, зірочку 10 ланцюгової передачі, закріплену фланцем до ротора трубу 11, яка має два отвори для проходження дротів, а також несе дві котушки 12 і 13, що пригальмовують з початковим елементом. Ротор обертається в підшипникових опорах 14.

Механізм переміщення зразка металокорду 19 і дротів 20 включає тяговий трос 21, напрямні блоки 22–24, барабан 25 і ланцюгову передачу 26, яка передає обертання барабана через зірочки 27 і 28. При запуску електродвигуна 15 через редуктор 16 і ланцюгову передачу 18 обертається ротор 6 разом з макетом преформатора. Дроти 20 під натягом, що відповідає звиванню металокорду на кордovій машині, змотуючись з котушок 12 і 13, проходять через отвори труби 11, обводяться по блоках 8 і 9, а також роликах 2 і 4 макета преформатора.

У результаті обертання ротора і преформатора під плашками 29 формується металокорд. Пересування металокорду та дротів здійснюється за допомогою ланцюгової передачі 26 та тягового троса 21, намотуваного на барабан 25.

Діаметр барабана визначається згідно з виразом

$$D_6 = \frac{h_{\text{мк}} - \pi d_{\text{т}} \cdot \frac{z_3}{z_4}}{\pi \cdot \frac{z_3}{z_4}}, \quad (1)$$

де  $h_{\text{мк}}$  – крок звивання металокорду, мм;  $d_{\text{т}}$  – діаметр тягового троса, мм;  $z_3$  і  $z_4$  – число зубців зірочок ланцюгової передачі.

За незмінного діаметра напрямного ролика ( $D_{\text{н.р.}} = 18$  мм) в макеті преформатора замінювали деформуючий ролик, виготовлений з різною відстанню між центрами канавок, і визначали якість укладання дротів у кручений виріб. Виконані експериментальні дослідження дозволили встановити раціональне розміщення канавок на деформуючому ролику. Встановлено, що відстань між центрами канавок на ньому справляє істотний вплив на якість укладання дротів у процесі звивання металокорду.



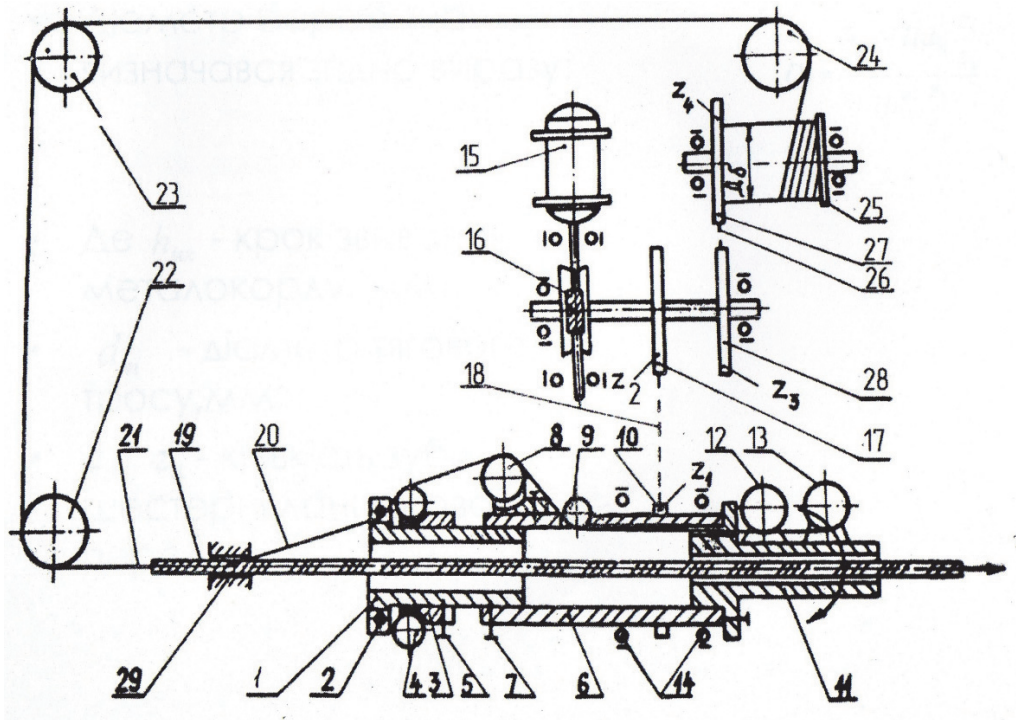


Рис. 2. Принципова схема лабораторного станда, що імітує процес преформування дротів та їх звивання у виріб

Рівномірне укладання по усій довжині виробу, що виготовляється, при здійсненні одночасної преформації двох заготовок на одному деформуючому роликів відбувається при дотриманні співвідношення  $\frac{l}{d_p} = 3,7 \dots 4,1$ .

Зменшення відстані призводить до скручування дротів перед плашками звивання та негативно позначається на якості укладання – відбувається нерівномірне звивання з періодичним збоєм по кроку та діаметру спіралі. У свою чергу, відхилення від зазначених меж у бік збільшення призводить до зростання габаритних розмірів преформуючого пристрою і зниження його надійності. Результати виконаних досліджень пройшли перевірку в промислових умовах, яка підтвердила вірогідність отриманого співвідношення розмірів між центрами канавок до типорозміру деформуючого ролика.

При розробці конструкції преформатора на опорах кочення розглянуто вплив опорної поверхні на діаметр залишкової кривизни дроту, з метою визначення мінімального типорозміру напрямного ролика, за якого дріт зазнає тільки пружних деформацій [4].

Для вирішення даної задачі скористаємося теорією чистого пружно-пластичного згину прямого бруса. При чистому згині як у межах, так і за межами пружності поперечний переріз бруса обертається відносно нейтральної осі, залишаючись плоским, що є наслідком симетрії навантаження та його деформації. Згідно з теоремою О.О. Ілюшина про розвантаження [5], залишкову кривизну  $1/\rho_{\text{зал}}$  можна навести у вигляді

$$\frac{1}{\rho_{\text{зал}}} = \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_{\text{розв}}}, \quad (2)$$

де  $\frac{1}{\rho}$  кривизна, що виникає при навантаженні;  $\frac{1}{\rho_{\text{розв}}}$  – зменшення кривизни при розвантаженні, що визначається за загальновідомою формулою теорії опору матеріалів  $\frac{1}{\rho_{\text{розв}}} = \frac{M_{\text{гран}}}{EJ_x}$ .

У цьому випадку залежність (2) набуває вигляду

$$\frac{1}{\rho_{\text{зал}}} = \frac{1}{\rho} - \frac{M_{\text{гран}}}{EJ_x}, \quad (3)$$

де  $\rho$  – радіус кривизни зігнутої осі дроту, який дорівнює  $R_{\text{н.р}} + \frac{\delta}{2}$ , мм;  $E$  – модуль пружності матеріалу, МПа;  $J_x$  – момент інерції поперечного перерізу дроту відносно осі  $X$ ,  $J_x = \frac{\pi\delta^4}{64}$ , мм<sup>4</sup>;  $M_{\text{гран}}$  – граничний момент згину, Н·м. Для круглого перерізу бруса вважаємо  $\frac{\sigma_s\delta^3}{6}$ ;  $\sigma_s$  – границя текучості дроту, МПа;  $R_{\text{н.р}}$  – радіус напрямного ролика, що розглядається як опорна поверхня, мм.

Підставляючи вихідні дані в (3), у результаті перетворень отримано аналітичні залежності, що дозволили розглянути вплив циліндричної поверхні (ролика) на  $d_{\text{зал}}$  дроту в процесі його огинання

$$d_{\text{зал}} = \left[ \frac{1}{D_{\text{н.р}} + \delta} - \frac{16\sigma_s}{3\pi \cdot E \cdot \delta} \right]^{-1}; \quad (4)$$

$$D_{\text{н.р}} = \frac{d_{\text{зал}} \left( 1 - \frac{16\sigma_s}{3\pi \cdot E} \right) - \delta}{1 + \frac{16\sigma_s}{3\pi \cdot E} \cdot d_{\text{зал}}}. \quad (5)$$

Для підтвердження отриманих теоретичних залежностей (4) і (5) виконані експериментальні дослідження, сутність яких полягала у визначенні діаметра залишкової кривизни дроту з урахуванням типорозміру опорної поверхні.

З цією метою здійснювалося щільне навівання декількох витків дроту діаметром 0,265 мм на ролика різного діаметра. Потім вирізалися отримані кільця та у вільному стані за допомогою вимірювального інструменту визначали  $d_{\text{зал}}$  (табл. 1). Необхідно відзначити, що експеримент повторювався 6–8 разів, і на цій основі було визначено середнє значення зазначеної величини. Вихідними даними при визначенні розрахункових значень  $d_{\text{зал}}$  були:  $E = 199343$  МПа;  $\sigma_s = 2193$  МПа;  $\delta = 0,265$  мм.

Аналіз отриманих результатів показав, що малий діаметр ролика істотно впливає на величину  $d_{\text{зал}}$  дроту і в цьому випадку він знає пружно-пластичних деформацій.

Таблиця 1 Вплив діаметра ролика на залишкову кривизну дроту

Діаметр ролика, мм	Значення діаметра залишкової кривизни дроту	
	розрахункове	експериментальне
2,0	2,695	3,0
3,0	4,24	4,5
4,0	6,1	6,2
5,0	8,37	8,6
6,0	11,2	11,6
7,0	14,89	15,0
8,0	19,79	18,5
9,0	26,7	25,0
10,0	37,12	35,0
11,0	54,66	51,0
12,0	90,44	84,0
13,0	203,65	183,0

Проте при  $D_p = 12$  мм і більше спостерігається різке зростання діаметра залишкової кривизни, що свідчить про незначний вплив типорозміру ролика, і дріт знає деформацій у пружній зоні. Відзначений факт дозволив визначити мінімальний діаметр напрямного ролика, що відповідає вказаній вище вимозі. При опрацюванні конструкції дводискового преформатора був закладений  $D_{\text{н.р}} = 16$  мм, який надалі буде скореговано при виборі його раціональних параметрів настроювання. Необхідно відзначити добрий збіг між розрахунковими та експериментальними даними; при цьому середня відносна похибка склала 4,78 %. Наведена оцінка підтвердила вірогідність запропонованого підходу при вирішенні цього питання.

Виконані розробки, присвячені вивченню напружено-деформованого стану дротів у процесі звивання, створили основу для обґрунтування параметрів настроювання розробленої конструкції технологічного пристрою на опорах кочення. Вибір параметрів полягав у визначенні раціонального поєднання типорозмірів напрямного та деформуючого роликів, які забезпечили отримання якісного виробу з мінімальною залишковою крутністю.

Задаючи різні параметри преформації за рахунок варіації розрахованих діаметрів роликів пристрою, виготовлено зразки металокорду типу 9Л15/27 і, згідно з вимогами технічного стандарту, визначено їх якісні показники (прямолінійність, залишкова крутимість).

Встановлено, що запропоновані параметри преформації сприяють вирішенню поставленої задачі та справляють помітний вплив на якісні показники. У діапазоні зміни діаметра напрямного ролика  $D_{н.р} = 17,0–18,5$  мм за фіксованої відстані від точки сходу з деформуючого ролика до плашок звивання спостерігається раціональне співвідношення

$$\frac{D_{н.р}}{d_p} = 2,6–3,1, \text{ яке забезпечує виготовлення}$$

прямолінійного металокорду, що не розкручується, із гарантованою мінімальною залишковою крутимістю.

Для оцінки ефективності розробленої конструкції пристрою на опорах кочення виконали комплекс порівняльних випробувань, що включає вимір динамічного натягу дротів, визначення їх обривності у процесі звивання, а також можливості переробки металу зі збільшеним діаметром. Як базовий варіант було взято двопластинчасті преформатори, якими обладнані сучасні звивальні машини.

Динамічний натяг дротів визначали на різних каретках канатозвивальної машини. Крім того, перевіряли піддавали дріт з першої каретки машини на п'яти котушках як з доброю, так і низькою технологічністю, тобто відбракований на інших канатних машинах.

Методика проведення досліджень полягала в такому: статичний натяг дротів на каретках встановлювали відповідно до технологічного процесу виготовлення металокорду. Після запуску канатної машини вимірювали за допомогою тензометра початковий динамічний натяг, а потім – через кожні п'ять хвилин роботи звивального обладнання. Результати вимірів наведено в табл. 2 і 3.

Встановлено, що застосування дводискового преформатора на опорах кочення, в порівнянні з двопластинчастим, дозволило знизити динамічний натяг дротів (на 22–32 %) і зменшити амплітуду його коливання. Така тенденція є характерною для усіх кареток кордозвивальної машини.

Незалежно від технологічності дроту зменшення натягу на 27 % не змінюється, що додатково свідчить про ефективність запропонованого технічного рішення. У процесі звивання металокорду із застосуванням технологічного пристрою на опорах кочення обривність дроту була нижче в 4,3 рази.

Таблиця 2. Динамічний натяг дротів при преформації двопластинчастим (ПП) і дводисковим (ДП) пристроями

Каретка машини	Статичний натяг, Н	Динамічний натяг на пристроях, Н		Зниження динамічного натягу, %
		ПП	ДП	
1	7,0	$\frac{23,0–35,0}{28,7}$	$\frac{18,0–22,5}{19,35}$	32,5
2	7,0	$\frac{23,0–35,0}{28,3}$	$\frac{19,0–23,0}{21,0}$	25,8
3	7,5	$\frac{19,5–22,5}{21,08}$	$\frac{16,0–17,5}{16,5}$	21,7
4	8,5	$\frac{20,0–22,0}{21,0}$	$\frac{15,0–17,0}{15,83}$	24,6
5	10,0	$\frac{20,0–22,0}{21,0}$	$\frac{14,5–18,0}{16,0}$	23,8
6	12,0	$\frac{19,0–23,0}{21,25}$	$\frac{14,5–17,5}{16,0}$	24,7

Примітка: у чисельнику – мінімальне та максимальне значення, а у знаменнику – середнє.

Таблиця 3 Динамічний натяг дротів різної технологічності

Котушка дротів	Динамічний натяг дротів, Н		Зниження динамічного натягу, %	Динамічний натяг дротів, Н		Зниження динамічного натягу, %
	заводський преформатор	преформатор на опорах кочення		заводський преформатор	преформатор на опорах кочення	
Добра технологічність			Низька технологічність			
1	$\frac{21,0-23,0}{22,0}$	$\frac{15,0-17,0}{16,0}$	27,3	$\frac{25,0-40,0}{32,6}$	$\frac{22,0-25,0}{23,1}$	29,1
2	$\frac{22,0-36,0}{29,5}$	$\frac{17,0-23,0}{20,0}$	32,2	$\frac{35,0-44,0}{39,0}$	$\frac{23,0-26,0}{24,1}$	38,2
3	$\frac{23,0-29,0}{26,0}$	$\frac{18,0-21,0}{19,0}$	25,8*	$\frac{23,0-27,0}{24,8}$	$\frac{18,5-20,0}{19,1}$	23,0**
4	20,0	$\frac{14,0-16,0}{15,1}$	24,5	$\frac{23,0-27,0}{25,0}$	$\frac{19,0-21,0}{20,0}$	20,0
5	$\frac{20,0-21,0}{20,4}$	$\frac{15,0-16,5}{15,7}$	23,0	$\frac{24,0-29,0}{26,5}$	$\frac{18,0-22,0}{20,0}$	24,5

Примітка: \* – середня величина 26,6 %, \*\* – середня величина 27,0 %.

Це свідчить про те, що запропонований принцип преформування сприяє підвищенню продуктивності кордозвивальних машин і значному скороченню нормативного коефіцієнта витрати металу на 1 т готової продукції в порівнянні з існуючою технологією.

Підтвердженням широких можливостей використання пристрою служить також переробка двох заправок дроту зі збільшеним діаметром (0,272–0,276 мм). Крім того, з використанням розробленого преформатора виготовлено дослідну партію в обсягу 50 т металокорду типу 9Л27/32 зі стабільною нульовою залишковою крутністю.

Таким чином, виконаний комплекс теоретичних і експериментальних досліджень дозволив розробити малогабаритну та металоемну конструкцію технологічного пристрою на опорах кочення, в основу якого закладено одночасну преформацію двох елементів крученого виробу на одному деформуючому ролик. Рекомендовані раціональні параметри його настроювання дозволяють отримати прямолінійний металокорд, що не розкручується, а також з гарантованою мінімальною залишковою крутністю.

### Висновки

Усі розроблені конструкції преформаторів для канатних машин базуються на використанні традиційного способу преформування,

зокрема передбачають здійснення попередньої деформації кожного елемента крученого виробу окремо. Такий підхід призводить до створення металоемної конструкції і вимагає складного настроювання, що різко звужує сферу їх застосування.

Для виготовлення металокорду та сталевих канатів тонких діаметрів запропоновано конструкцію технологічного пристрою на опорах кочення, в основу якої закладено новий принцип преформування – здійснення попередньої деформації одночасно двох елементів на одному деформуючому ролик із симетричним розташуванням канавок.

Розглянуто вплив відстані між центрами канавок деформуючого ролика на структурну цілісність за довжиною та перерізом металокорду, що виготовляється. Встановлено, що рівномірне укладання у процесі звивання гнучкого виробу відбувається при дотриманні співвідношення  $\frac{l}{d_p} = 3,7 \dots 4,1$ .

У результаті експериментальних досліджень встановлено мінімальний типорозмір напрямного ролика преформатора ( $D_{н.р} = 12$  мм і більше), при якому дріт зазнає тільки пружних деформацій.

Обґрунтовано раціональні параметри настроювання технологічного пристрою, що



забезпечують отримання металокорду з гарантованою мінімальною залишковою крутністю ( $0 \dots \pm 0,5$  оберта).

Застосування запропонованого пристрою дозволило знизити динамічний натяг на 22–32 % і амплітуду його коливання, зменшити обривність дротів в 4,3 рази у середньому, отримати металокорд із високими якісними показниками, підвищити продуктивність канатного обладнання, а також надійність пневматичних коліс самохідних кранів.

### Література

1. Букштейн М.А. Производство и использование стальных канатов / М.А. Букштейн. – М.: Металлургия, 1973. – 360 с.
2. Ветров А.П. Изготовление канатов с преформацией пряжей: экспресс-информация / А.П. Ветров, Н.К. Гончаренко // Институт «Черметинформация». – 1983. – Серия 9. – Вып. 3. – 22 с.
3. Миренский И.Г. Уменьшение остаточной крутности металлокорда на кордовых машинах / И.Г. Миренский, Ю.Г. Алексеев, В.Ф. Гроза // Сталь. – 1985. – №11. – С. 47–49.
4. Миренский И.Г. Применение преформаторов на опорах качения при производстве металлокорда / И.Г. Миренский, Г.А. Калоша, Ю.Г. Алексеев // Сталь. – 1993. – №2. – С. 65–68.
5. Малинин А.А. Прикладная теория пластичности и ползучести / А.А. Малинин. – М.: Машиностроение, 1982. – 400 с.

Рецензент: Є.С. Венцель, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 30 червня 2014 р.