

варіатора і його розрахунку необхідно визначити осьові сили. Особливо важливо це для систем з автоматичним регулюванням, що використовують зв'язок осьової сили зі швидкісним і силовим режимами роботи варіатора.

У роботі проаналізовані принципи взаємодії варіаторного паса зі шківом при зміні передавального числа. Розглянуто та надано методичні рекомендації з оцінки та прогнозування довговічності деталей, що втрачають працездатність через зношування.[2].

Розглянуто методику визначення діючих навантажень на варіатор молотильного барабана та способи забезпечення довговічності пасів варіатора за рахунок вибору профілю конусної поверхні шківів, що забезпечує належний контакт паса з шківом під час експлуатації[3].

### **Список використаних джерел:**

1. Кухтов В.Г. Лисенко С.В. «Класифікація відмов і оцінка надійності деталей варіаторів зернозбиральних комбайнів». Науковий журнал. «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». № 6. 2016 р., стор. 18 - 23. Харків. ХНТУСГ

2. Кухтов В.Г. Лисенко С.В., Куліш А.В., Подзолков А.Ю. «Показники забезпечення ресурсу варіаторів зернозбиральних комбайнів», Вісник ХНТУСГ., випуск 163, 2015р., с.12 – 18.

3. Кухтов В.Г., Лисенко С.В., Самарін А.Є. Розрахункові дослідження навантажень клинопасових варіаторів. Матеріали 4-ї Всеукраїнської науково – практичної конференції. Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування. СЕУТТО-2013. С.184 – 189. м. Херсон. 2013.

**УДК 621.771.63:621.981.3**

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РІВНЯ ЗАДАЧІ ПОЛОСИ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ЛИСТОВИХ ПРОФІЛІВ З ПЕРІОДИЧНИМИ ГОФРАМИ**

**Тришевський О.І., проф., Слівкін Є. В., студ.**

*Державний біотехнологічний університет*

*Наведені результати досліджень щодо вдосконалення технології та підвищення якості листових профілів, з відформованими на плоских ділянках періодичними поздовжніми гофрами жорсткості. Знайдений експериментально мінімум поздовжніх деформацій стиснення плоских бічних ділянок профілів, що відповідає рівню задачі заготовки 0 – (-20) мм, дозволяє рекомендувати даний інтервал для використання при виробництві профілів з поздовжніми періодичними гофрами.*

Одним з основних конструкційних матеріалів, що широко застосовується практично у всіх галузях сучасного машинобудування внаслідок поєднання високих механічних властивостей із відносно невеликою металоємністю, є гнуті

профілі, листові та сортові, посилені повздовжніми гофрами жорсткості, що періодично повторюються. Технологічні процеси формування гофрів за рахунок місцевої витяжки на заготовці, що постійно рухається та не має сталого контакту з інструментом (формуючими валками), досить складні і враховуючи відносну новизну цієї технології недостатньо вивчені. У зв'язку з цим проведення досліджень, спрямованих на підвищення якості листових профілів, з відформованими на плоских ділянках гофрами жорсткості, є важливим та актуальним.

Формування періодичних гофрів на листових профілях відбувається в перших клітинах профілезгинальних станів, бічні, прилеглі до кромки ділянки полоси нічим не обмежені. Контакт заготовки з валками здійснюється лише в їхній осьовій площині, а формування кожного з гофрів, що періодично повторюються, супроводжується утворенням позаконтактної зони осередку деформації. При формуванні гофрів великих розмірів можливе часткове переміщення металу із плоскої полиці у зону формування, утворення утягування. При цьому перерозподіл внутрішніх напружень в профілі призводить до утворення залишкових напружень в зоні бічної полиці, які за певних умов викликають пластичну втрату стійкості плоского бічного елемента і виникнення хвилястості на профілі.

Аналіз публікацій з питань удосконалення технологічних процесів та покращення якості гнутих профілів показує, що однією з основних тенденцій сучасних досліджень є визначення деформованого стану металу, зокрема залишкових деформацій у готових профілях. Отримана на основі цих досліджень інформація використовується для вдосконалення режимів формування, конструкції калібрів валків, зниження стоншення в місцях формування, пружинення готового профілю. Дослідження виконуються на профілях із сучасних високоміцних сталей.

Питання впливу різних технологічних параметрів на якісні характеристики готових профілів з повздовжніми періодичними гофрами жорсткості та їх обліку під час проектування нових технологій у науково-технічній літературі практично не розглядаються. Як показує практика, одним з основних параметрів, що впливає на умови формоутворення, енергосилові параметри і якість готових профілів, є напружено-деформований стан металу як в осередку формоутворення гофрів, так і на прилеглих до нього плоских ділянках профілів, в тому числі і при зміні рівня задачі плоскої заготовки в кліть, що формує повздовжні періодичні гофри.

**Метою проведених досліджень** є визначення впливу зміни рівня завдання листової заготовки при формуванні листових профілів з періодично повторюваними повздовжніми гофрами на: - зміну повздовжніх деформацій  $\epsilon$  на плоских бічних ділянках профілів; - зміну залишкової деформації  $\epsilon_{\text{зал}}$  на цих же ділянках; - розподіл показника якості профілів за площинністю  $k/\lambda$  за осьовою площиною валків; а також визначення оптимального рівня задачі полоси, що забезпечує покращення якості профілів по площинності при мінімальних значеннях енергосилових параметрів їх формування – зусиль  $P$  та моментів  $M$ , що крутять.

Дослідження проводили на двох станах - 550 та 1-4x50-300 та зіставляли результати, а також оцінювали можливість використання стану 1-4x50-300 для експериментів та вироблення рекомендацій для підвищення якості профілів, що виробляються на агрегаті 1-5x300-1650. Для кожного стану були виготовлені два комплекти валків, які забезпечували отримання профілів кришок люків напіввагонів та хребтових балок мостових кранів з гофрами найбільш поширеної в сортаменті конфігурації – напівкруглої та типових розмірів.

Завдання полос товщиною 2-5 мм, шириною 400 мм і довжиною 1800-2000 мм на різних рівнях забезпечувалося підйомом та опусканням увідних проводок на 20 та 40 мм від нульового рівня. Відстань від проводок до осьової площини валків на обох станах - 300 мм обрана для зручності закріплення датчиків [1], що фіксували деформований стан на бічних ділянках полос перед формуванням.

Підготовлені полоси шириною 400 мм і довжиною 1800-2000 мм на кожному з рівнів (+40 мм; +20 мм; 0 мм; -20 мм; -40 мм) задавали в стани, при цьому проводили запис поздовжніх деформацій у процесі формування профілів за показниками наклеєного тензодатчика та тензорезисторного вимірювального перетворювача [1]. Також на готових профілях були проведені виміри кінцевої відстані між рисками ділильних сіток та загальної довжини кромки заготовок.

У зв'язку з лімітом місця у тезисах (рис.1) приведені дані тензометричних досліджень тільки для одного з 5 досліджених рівня задачі – 20 мм. Зіставлені результати вимірів у різний спосіб залишкової деформації на кромках профілів мають хорошу збіжність: значення поздовжніх деформацій, визначені шляхом ділильних сіток і - іншими, різняться лише на 15%.

Крім того, методом електротензометрії для випадку виготовлення профілів з періодичними гофрами шириною 118 мм на стані 550 отримані експериментальні дані, що дозволяють провести якісний та кількісний аналіз виникнення та розподілу хвилястості на плоских бічних ділянках у процесі формування профілів високої жорсткості при задачі полоси на різних рівнях.

Як показали дослідження [2], хвилястість виникає в результаті складних процесів, що відбуваються на бічних ділянках заготовки ще при її проходженні від проводкової арматури до осьової площини валків. Змінюючи рівень задачі заготовки у валки, можна добитися такого перерозподілу знакозмінних деформацій на цьому етапі, який, в кінцевому рахунку, забезпечить зведення до мінімуму залишкових деформацій полиць на готовому профілі. Аналіз процесу формоутворення та зіставлення отриманих результатів з даними аналізу виникнення хвилястості на бічних елементах профілю при утворенні сталого осередку деформації, дозволили виявити наявність на відрізку від виходу заготовки з проводок до осьової площини валків трьох приблизно рівних по довжині ділянок.

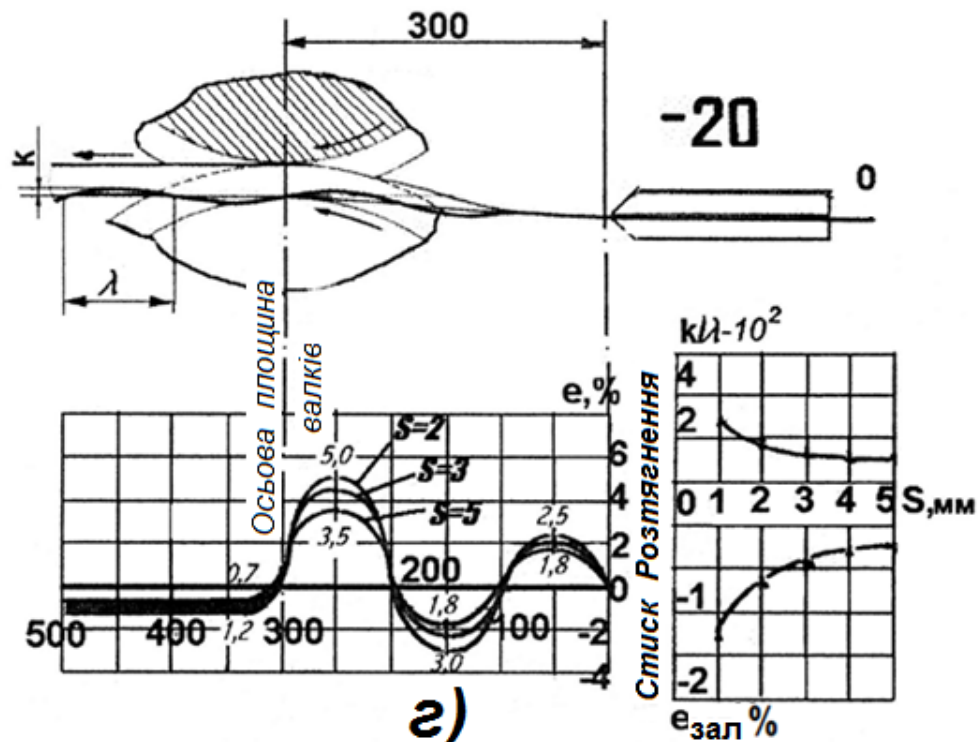


Рисунок 1 – Зміна поздовжніх деформацій  $e$  на плоских бічних ділянках профілів при формоутворенні, а також залишкової деформації  $e_{\text{зал}}$  і відношення  $k/\lambda$  на готових профілях при рівні задачі заготовок: -20 мм;

На першій ділянці кромка заготовки зберігає прямолінійність, а на плоских бічних ділянках зі зміною рівня задачі від +40 до -40 мм виникає і послідовно збільшується, досягаючи 2 - 2,5% деформація розтягу від поперечного згину заготовки опуклим формуючим елементом. Наближення металу до валків пов'язане з початком витяжки листового металу на другій ділянці, що відповідає позаконтактній зоні осередку деформації. При цьому на плоскій бічній ділянці виникають напруження стиснення і утворюється напівхвиля, увігнута по відношенню до осі формування. Зі зміною рівня задачі від +40 до -20 максимальні деформації стиснення зменшуються від 5,5 - 7% до 1,8 - 3%, а при рівні задачі -40 мм збільшуються до 2 - 4,2%.

На третій ділянці, у міру наближення до осової площини валків, бічні ділянки заготовки відгинаються у бік валка з увігнутими формуючими елементами (верхнього), що викликає розтяг цих ділянок та утворення іншої напівхвилі, опуклої по відношенню до осі формування. Зі зміною рівня завдання від +40 до -40 мм максимальні деформації розтягування зростають з 1,2 - 3,2% до 4 - 5,5%.

Явище переформування хвилі при проходженні через осову площину валків призводить до зміни знаку деформації та появи на плоских бічних ділянках залишкової деформації стиснення. При зміні рівня завдання від +40 до -20 мм залишкова деформація стиснення на бічних ділянках зменшується з 2,1 - 2,5% до 0,7 - 1,2%, а при рівні задачі -40 мм зростає до 1,1 - 1,8%.

Проведені тензометричні дослідження дозволили встановити оптимальний рівень задачі заготовки (-20 мм), при якому поздовжні деформації на плоских

бічних ділянках профілю набувають мінімальних значень. Цей висновок підтверджується результатами обміру ділильних сіток та параметрів хвилястості  $k$  та  $\lambda$  на готових профілях. Зі збільшенням товщини заготовки від 2 до 5 мм залишкова деформація на полицях  $e_{\text{зал}}$  і відношення  $k/\lambda$  при всіх випробуваних рівнях задачі заготовки зменшуються. Мінімальні значення  $e_{\text{зал}}$  та  $k/\lambda$  зафіксовані при рівні задачі -20мм (див. рис.1).

**Висновки:**

1. В результаті дослідження впливу зміни рівня задачі металу у валки встановлено, що кількісний перерозподіл поздовжніх знакозмінних деформацій, що відбувається при цьому, призводить до появи різних за величиною залишкових поздовжніх деформацій на плоских бічних ділянках профілів. При зміні рівня задачі заготовки від + 40 мм до - 20 мм величина залишкових деформацій стиснення на бічних ділянках профілю зменшується від 2,1-2,5% до мінімальних значень 0,7-1,2%, а потім знову дещо зростає до 1,1-1,8% при рівні задачі – 40 мм.

2. Результати визначення різними експериментальними методами залишкових деформацій на бічних ділянках профілів мають розбіжності у межах 15%. Це підтверджується результатами аналізу якості профілів хвилястістю, що виникає на таких ділянках. Мінімальна інтенсивність хвилястості, оцінена показником  $k/\lambda$ , має місце при завданні листового металу на рівні -20 мм.

3. Оскільки експериментальні дослідження були проведені на обладнанні, близькому за технічною характеристикою до промислового агрегату 1-5x300-1650 і при цьому використовували найбільш типові в його сортаменті типорозміри періодичних гофрів, знайдений експериментально мінімум поздовжніх деформацій стиснення плоских бічних ділянок профілів, при рівні задачі –20 мм, дозволяє рекомендувати цей рівень для використання при настроюванні виробництва профілів високої жорсткості у промислових умовах.

### **Список використаних джерел:**

1. Тришевский О.И., Сливкин Е.В. Методика определения продольных упруго-пластических деформаций внеконтактной зоны очага формообразования продольных гофров в валках. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. “Actual trends of modern scientific research” MDPC Publishing. Munich, Germany. 2021. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-actu-al-trends-of-modern-scientific-research-17-19-yanvary-2021-goda-myunhen-germaniya-arhiv>.

2. Тришевський О.І., Слівкін Є.В. Вплив технологічних факторів формування профілів з повздовжніми періодичними гофрама на точність розмірів їх періоду. Матеріали міжнародної науково-технічної конф. «Новые и нетрадиционные технологии в энерго- и ресурсосбережении» Одесса. 2021. С.187-189.