

### **О.М. Багров**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-11-80, E-mail: anbagrov@meta.ua  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8984-7595>

### **С.М. Мірошкін**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-11-80, E-mail: lab7ukrndiv@gmail.com  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-5144-0101>

### **І.С. Пономарьова**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-11-80, E-mail: lab7ukrndiv@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5541-9495>

### **М.І. Соляник**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-11-80, E-mail: lab7ukrndiv@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7482-1874>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИВІВ ТА ЕКЗОТЕРМІЧНИХ ВСТАВОК НА ВИНИКНЕННЯ ДЕФЕКТІВ У ЛИТИХ ДЕТАЛЯХ

*Сучасне вагонобудування неможливо уявити без виготовлення литих деталей. Але, на жаль, ливарне виробництво стикається з розповсюдженою проблемою у цій галузі, що полягає у виникненні ливарних дефектів, таких як усадкові пористості, раковини тощо. Виробники ливарної продукції розробляють велику кількість заходів, спрямованих на зменшення кількості цих дефектів. Особливу увагу слід приділяти дефектам, що виникають у тілі вилівка без виходу на поверхні деталі, так звані внутрішні дефекти. Найрозповсюдженішими дефектами є усадкові раковини та пористості, які виникають у вилівку під час застигання та зменшення лінійних розмірів металу. Тому необхідно виконати нелегке завдання, а саме привести вилівки до одночасної кристалізації по об'єму. Це досягається використанням різноманітних методів, одним з таких, найбільш сучасним, є встановлення екзотермічних вставок. Використання екзотермічних вставок збільшує час проходження екзотермічної реакції, під час якої відбувається виділення великої кількості теплової енергії, що дозволяє металу зберігати рідкий стан тривалий час. При цьому метал з надливу живить*

© Багров О.М., Мірошкін С.М., Пономарьова І.С., Соляник М.І., 2024

*деталь більш рівномірно по формі. Після закінчення екзотермічної реакції матеріал вставки зберігає теплоізоляційні властивості тим, самим забезпечуючи спрямоване затвердіння.*

*У статті наведено результати досліджування впливу встановлених екзотермічних вставок на виникнення ливарних дефектів усадкового характеру порівняно з надливами. Дослідження було проведено на прикладі найбільш проблемної деталі – бічної рами, яка характеризується коробчастими перерізами та великою кількістю термічних вузлів. Було використано сучасне програмне забезпечення, що дозволяє на етапі проєктування ливникової системи передбачити ймовірні місця виникнення ливарних дефектів. Виконаний порівняльний аналіз ливарних процесів без надливів, з надливами та надливами з екзотермічними вставками дозволяє обрати найбільш ефективну схему, яка призведе до зменшення ймовірності виникнення ливарних дефектів та зменшити металоемність ливарної форми. Використання надливів з екзотермічними вставками може в значній мірі зменшити кількість надливів, що будуть встановлені, тим самим скоротити витрати на виробництво литва.*

*Ключові слова: надливи, усадкова раковина, усадкова пористість, екзотермічна вставка, критерій Ніями.*

**Вступ.** Литі деталі продукції вагонобудування у більшості виготовляють з вуглецевих сталей марок 20ГЛ, 20ФЛ, 20ГФЛ та інших, отриманих в електричних печах. Хімічний склад, механічні властивості сталі та вимоги до внутрішніх дефектів встановлені в чинній нормативній документації, зокрема ДСТУ ГОСТ 22703:2018 [1] та ДСТУ ГОСТ 32400:2016 [2]. Коригування хімічного складу виконують на етапі варіння сталі, механічних властивостей – на етапі термічного оброблювання. Ці процеси є більш контрольованими на етапах виробництва, тоді як внутрішні дефекти виявляють, коли деталь уже вилита, тому здійснити вплив на їх виникнення неможливо. У такому разі на допомогу приходять сучасні методи та інженерні програми, які мають можливість на стадії проєктування ливникової системи визначити зони, більш схильні до виникнення ливарних дефектів усадкового характеру, задля коригування ливникової системи з встановленням елементів, що дозволяють виконати коригування температурного впливу.

### **1. Аналіз технологій виготовлення литих деталей продукції вагонобудування**

У цілому послідовність технологічного процесу виготовлення литої деталі така:

1. Виготовлення форм і стрижнів деталі.
2. Складання форми.
3. Заливання деталі.
4. Охолодження деталі у формі.
5. Вибивання деталі з форми.
6. Виявлення та усунення дефектів технологічного походження.
7. Термічне оброблювання.
8. Механічне оброблювання.

На теперішній час під час виробництва литих деталей вагонобудування використовують такі технології.

### **Лиття в піщані форми, ущільнення струшуванням і пресуванням – піщане формування (ПФ)**

Розплавлений метал заливають у роз'ємну форму, піщинки якої пов'язані між собою добавками глини, води та інших зв'язувальних компонентів. Ливарна суміш

---

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ущільнюється в опоках вручну або на механічних, або на автоматичних формувальних лініях (АФЛ) спочатку за допомогою вібрації, а потім пресом.

Найпоширенішими сумішами для лиття в піщану форму є піщано-глинисті суміші (ПГС) і піщано-смоляні суміші (ПСС).

Робота із ПГС дозволяє досягти високої продуктивності за відносної дешевизни процесу, оскільки вартість початкових матеріалів порівняно низька, а відпрацьована суміш піддається регенерації.

Технологія ПГС є найбільш відпрацьованою і добре вивченою з усіх розглянутих технологій. ПГС впроваджена на багатьох підприємствах України.

### ***Вакуумно-плівкове формування (ВПФ, V-процес)***

Розплавлений метал заливають у роз'ємну форму із сухого піску без зв'язувальних компонентів. Ливарна суміш ущільнюється на АФЛ за допомогою струшування та завдяки вакууму, що створюється між нижньою натягнутою на модель плівкою, опокою та верхньою плівкою.

Якість продукції та умови виробництва:

- шорсткість поверхні виливків ~ 100 мкм для сталі;
- можливість отримувати особливо точні геометричні розміри, площинність і грані виливків;
- у результаті забезпечуються мінімальні припуски на механічне оброблення литих деталей і точне відтворення форм і маркування;
- можливість виготовлення тонкостінних і довгих сталевих виливків;
- можливість відтворення формувального ухилу до 0° або негативних ухилів за допомогою відніманих частин моделі;
- екологічність – мінімум забруднень робочої зони цеху і відходів ливарної суміші.

Поточні витрати:

- зниження маси сплавів, що заливаються, на 10–20 % шляхом зменшення ливарних надливів і припусків на механічне оброблення;
- скорочення витрат на витратні матеріали – додаткові витрати необхідні тільки на плівку при економії за всіма іншими статтями; для ПФ – значні витрати на регенерацію ливарної суміші ~ 50 % (пісок, бентоніт тощо), вивезення паленої землі у «відвали»;
- скорочення частки браку до 1–2 % завдяки зменшенню умов для виникнення «гарячих тріщин»;
- зменшення витрат на термічне й механічне оброблення (шляхом скорочення ливарних припусків); затрати часу на механічне оброблення знижуються приблизно на 30–40 %; можливість вибивання виливків за високих температур.

У підсумку, залізничні виливки, отримані V-процесом, можуть бути на 25–30 % дешевші, ніж аналогічні виливки, отримані піщаним формуванням.

Капітальні витрати: V-процес не вимагає приготування й регенерації ливарних сумішей (тільки охолодження й транспортування звичайного сухого кварцового піску). Пісок у V-процесі циркулює в обігу з найпростішим видаленням різних включень та охолодженням.

### ***Лиття у форми з холодно-твердких сумішей (ХТС)***

No-bake-процес охоплює два його різновиди: Фуран-процес та Альфа-сет.

Розплавлений метал заливають у роз'ємну форму, піщинки якої пов'язані за допомогою синтетичної смоли. Ливарна суміш ущільнюється на АФЛ вібрацією та пресуванням.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Цей спосіб виготовлення форм широко поширився завдяки своїй простоті та можливості виробляти найрізноманітніші типи виливків. Але, як показав світовий досвід, лиття у форми з ХТС генерує підвищені поточні витрати й дозволяє випускати деталі гіршої якості, ніж V-процес. Особливо гострою проблемою є низька екологічність сумішей зі смоляними зв'язувальними компонентами, що призводить до великого обсягу відходів і виділення шкідливих газів у робочу зону цеху.

Таким чином, згідно з результатами аналізу особливостей технологій виготовлення [3, 4], що використовують на підприємствах, можна зробити висновок, що для розгляду доцільно використовувати ПГС формування, яке має широке застосування. Вакуумно-плівкове формування має ряд переваг, а саме, високу чистоту поверхні виливків, відсутність необхідності регенерації формувальної суміші й порівняно екологічну чистоту процесу. Проте витрати на енергоносії і організацію виробництва вище на 10–20 %, а саме виробництво вимагає додаткових капіталовкладень на переобладнання. Тому ця технологія ще не має масового впровадження. Використання технології формування ХТС доцільно для виготовлення особливо великих виливків, і тільки за відсутності жодної альтернативи. Пов'язано це з тим, що витрати на формувальні матеріали й організацію виробництва набагато вищі, ніж у ПГС і ВПФ, а саме виробництво є екологічно шкідливим через шкідливі зв'язувальні елементи форми.

Основою формувальних сумішей для виливання деталей вагобудування є зворотна суміш (горіла земля) і кварцовий пісок, які змішуються з вогнетривкою глиною, деревно-вугільним піском і сульфідним лугом.

Компонентами стрижневих сумішей є сухий кварцовий пісок, мелена глина, сульфідний луг і спеціальна зв'язувальна суміш, що складається з натуральної оліфи, пляної олії та відходів перегонки сланців.

Задля підвищення податливості стрижнів за високої температури (зменшення опору вільної усадки вилівка з метою запобігання гарячих тріщин) до стрижневих сумішей додають тирсу.

Велике та середнє литво деталей вагобудування має складну форму, тому під час лиття вимагають великої кількості стрижнів, необхідних для отримання внутрішніх порожнин.

Стрижні можуть виконуватися складеними, тобто після формування й сушіння їхні окремі частини з'єднують разом за допомогою спеціальних клеїв. Правильність з'єднання контролюють спеціальними шаблонами. Більшість стрижнів виготовляють на формувальних стрижневих машинах, а стрижні складної форми – вручну.

Для забезпечення необхідної міцності й жорсткості стрижнів у них закладають арматуру, виготовлену у вигляді окремих прутків або просторових каркасів з малоуглецевого сталевих дроту. Для полегшення відведення газів у стрижнях створюють вентиляційні канали. Збільшення здатності відведення газів, підвищення газопроникності й міцності стрижнів досягається сушінням. Сушіння стрижнів проводять у спеціальних печах за температури 210–230 °C протягом 1,5–2 годин. Після сушіння для зменшення пригару стрижні покривають дрібним кварцовим піском.

Виготовлені стрижні контролюють. При цьому перевіряють, їхню форму, щільність набивки, якість сушіння та інші можливі відхилення.

Деталі виливають у ливарні форми, що складаються з верхньої та нижньої опок (півформ). Моделі деталей виготовляють з алюмінієвих сплавів. Під час формування разом із ливниковою системою їх закріплюють на модельних плитах.

Формування проводять на формувальних машинах поточних ліній. Спочатку опоки заповнюють облицювальною, а потім наповнювальною сумішами. Суміші в опоках ущільнюються струшуванням столу формувальної машини.

Окремі зони додатково ущільнюються пневматичним трамбуванням. Після закінчення формування з опок видаляють моделі виливок. Під час виконання цієї операції часто відбуваються обвали крайок. Суміш, що обвалилась, призводить до утворення поверхневих дефектів на вилівках і тому повинна віддалятися продувкою стисненим повітрям. Зруйновані крайки відновлюють вручну.

Процес виготовлення півформ завершується створенням каналів для видалення газів, що утворюються від зіткнення розплавленого металу з формувальною землею і стрижнями, а також встановленням холодильників, жеребейок та інших технологічних елементів. Особливу увагу при цьому приділяють контролю правильності встановлення стрижнів, оскільки відхилення можуть призвести до утворення різної товщини стінок виливків. Верхню півформу кантують і стикують з нижньою.

Форми заливають на заливальній ділянці з ковшів при температурі сталі 1560–1590 °С. Збільшення температури сталі значно знижує ймовірність вторинного окислення металу, проте може призвести до утворення тріщин. Тому задля збільшення рідиноплинності сталі використовують фарбування форм покриттями. Особливу увагу приділяють швидкості заливання. Якщо швидкість заливання невисока, збільшується ймовірність появи плен, недоливів і незлитин [5, 6].

Для рівномірного й поступового охолодження виливків їх витримують протягом 1–1,5 годин безпосередньо у формах.

Вибивають півформи й стрижні з куца виливків на механізованих вибивних грахах. Потім куц виливків подають на ділянку, де видаляють дровові каркаси стрижнів з внутрішніх порожнин виливків, відрізають ливникову систему, видаляють ливарні надливи.

Вилиті деталі оглядають, виявляють можливі дефекти технологічного походження (гарячі тріщини, раковини тощо) і заварюють допустимі ливарні дефекти до термічного оброблення.

Деякі деталі залежно від необхідних механічних властивостей сталі для отримання однорідної дрібнозернистої структури та зняття внутрішніх напружень піддають нормалізуванню згідно з технологічним процесом підприємства-виробника. Загальна кількість термічних оброблень має не перевищувати трьох.

Нормалізування проводять у спеціальних печах з нагріванням до температури 920–940 °С, витримуючи в них протягом 4 години та охолоджуючи на повітрі в приміщенні цеху.

Після закінчення термічного оброблення деталі подають у дробоструминні камери для очищення виливків від пригорілої формувальної суміші. Ця операція дозволяє додатково виявляти деякі дрібні поверхневі дефекти, такі як невеликі тріщини, раковини, які можна усунути заварюванням відповідно до технологічної документації.

Процес виготовлення деталей завершується на ділянці механічного оброблення.

### **2. Дослідження ймовірності утворення усадкових раковин та усадкової пористості**

Одним з найбільш проблемних виливків є бічна рама [7], тому дослідження утворення дефектів усадкового характеру виконаємо на цій деталі. Велика кількість закритих термічних вузлів, наявність різких переходів від тонких перерізів стінок до товстих, від коробчастих перерізів до суцільнолитих підвищує ймовірність утво-



рення ливарних дефектів у вигляді усадкових раковин, гарячих тріщин і мікропористості [8]. Задля усунення дефектів на підприємствах-виробниках залежно від технології застосовують різні методи: встановлення ливарних надливів, внутрішніх і зовнішніх холодильників, протиусадкових ребер тощо.

Досліджування ймовірності утворення дефектів усадкового характеру виконувалося із використанням програмного забезпечення LVMflow – системи моделювання ливарних процесів. У LVMflow реалізована математична модель, що описує процес заповнення форми металом, кінетику охолодження, кінетику кристалізації, утворення усадкових дефектів.

Порівняльний комп'ютерний аналіз проводили для двох варіантів ливникової системи (рис. 1). У першому випадку в місцях можливої появи дефектів були встановлені ливарні надливи, у другому випадку – ливарні надливи з екзотермічними вставками [9, 10]. Використання екзотермічних вставок дозволяє зменшити розмір ливарних надливів, отже, і металомісткість ливарної форми, знижує ймовірність виникнення дефектів усадкового характеру, при цьому збільшуючи обсяг придатного литва.

З огляду на симетрію конструкції та для оцінювання виникнення дефектів на одній половині деталі ливарні надливи не показані. Параметри заливання були вказані для сталі 20ГЛ з температурою заливання 1590 °С, критичними температурами солідус 1474 °С і ліквідус 1513 °С, час заповнення форми 35 с.

Для отримання достовірних результатів розрахунок проведено за схемою заливання з кристалізацією. Результати оцінювали за показниками усадки та критерієм Ніями [11, 12].

У ливарному виробництві критерій Ніями використовують, перш за все, для якісної ідентифікації зон у виливку, які могли б містити усадкову пористість. Усадкова пористість буде утворюватися в зонах, де критерій Ніями нижче за критичну величину. Для сталі найнебезпечнішими зонами є ті, де критерій Ніями менше за 1. Критерій Ніями є локальним термічним параметром, що його визначають за формулою (1).

$$N_{iy} = \frac{G}{\sqrt{R}}, \quad (1)$$

де  $G$  – градієнт температури;

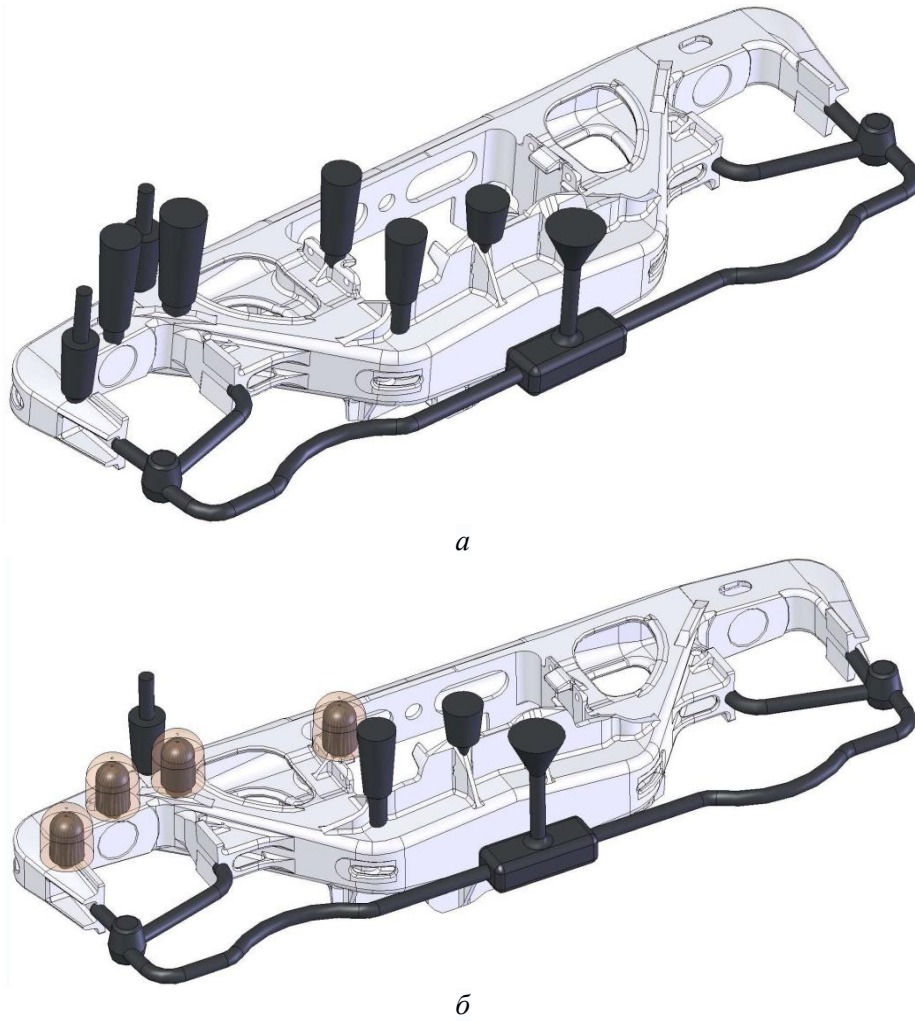
$R$  – швидкість охолодження.

Обидві величини взяли за певної температури поблизу кінця кристалізації.

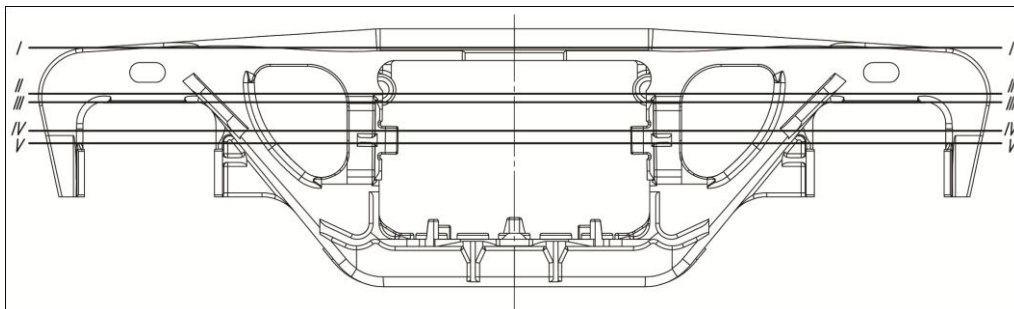
Зміни вдосконаленої конструкції стосувалися консольної частини, тому будуть розглянуті перерізи, які характеризують запропоновані зміни (рис. 2).

Концентрація усадки в теплових вузлах і розподіл величин критерію Ніями для ливникової системи з використанням звичайних ливарних надливів представлені на рис. 3-7. Значення, що відповідають критичній величині усадки, обмежені зеленою лінією, а зона має червоний колір. Значення, що відповідають критерію Ніями менше за 1, обмежені червоною лінією.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



**Рис. 1. Ливникова система вилівка «бічна рама»:**  
а – з використанням звичайних ливарних надливів; б – з використанням екзотермічних вставок



**Рис. 2. Перерізи бічної рами, досліджувані на ймовірність виникнення ливарних дефектів**

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

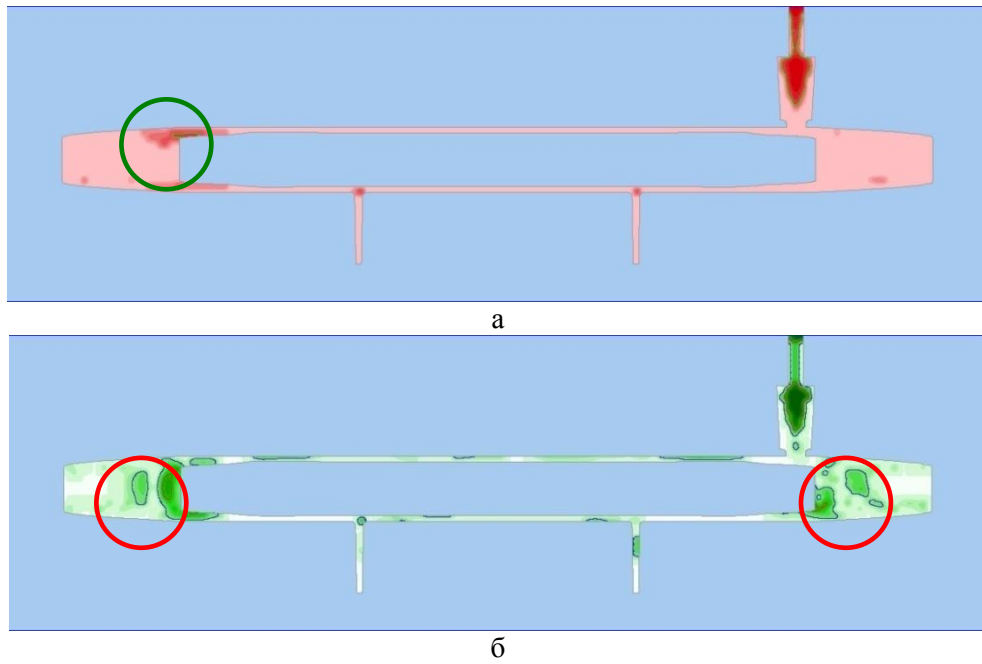


Рис. 3. Усадка в тепловых узлах (а) і розподіл величин критерію Ніями (б) в перерізі І-І

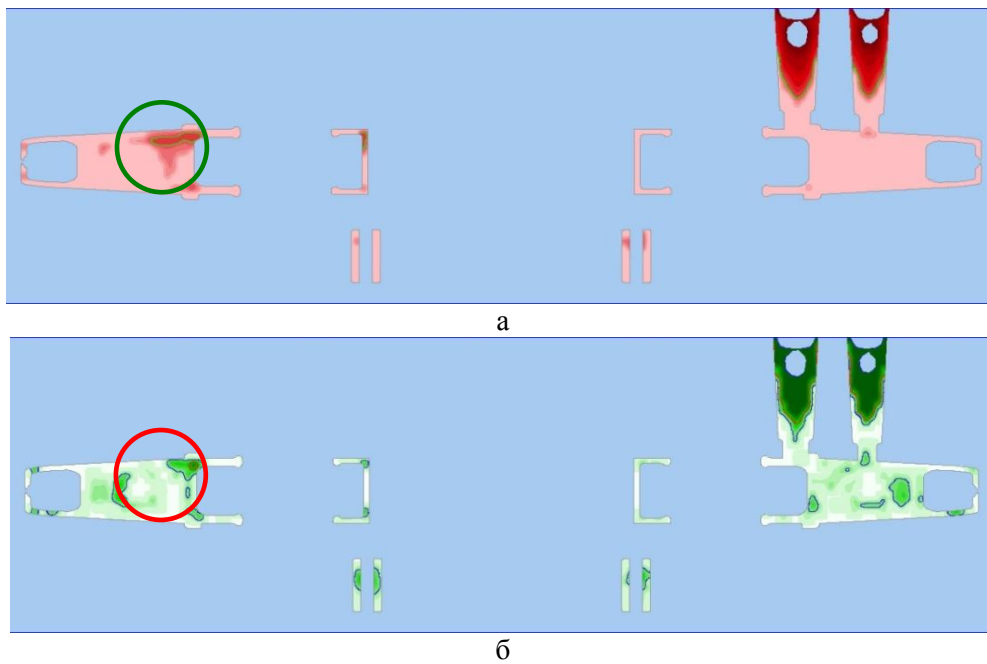
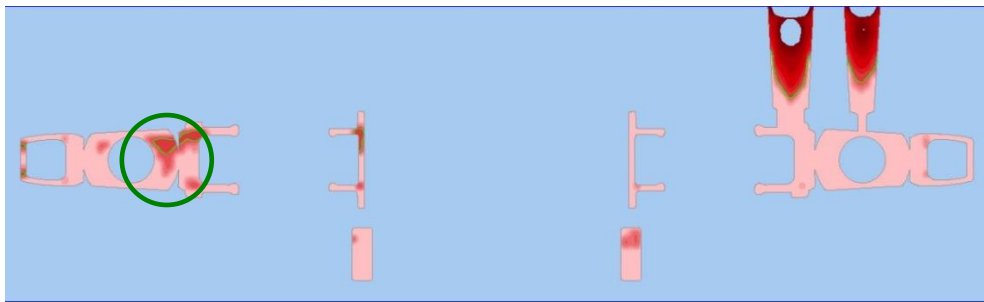


Рис. 4. Усадка в тепловых узлах (а) і розподіл величин критерію Ніями (б) в перерізі ІІ-ІІ



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

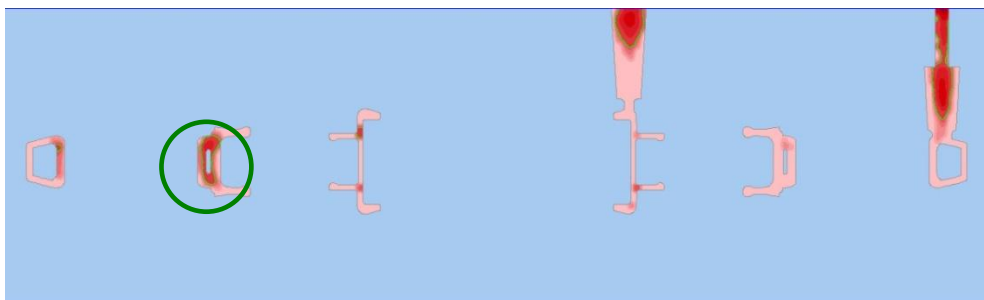


а

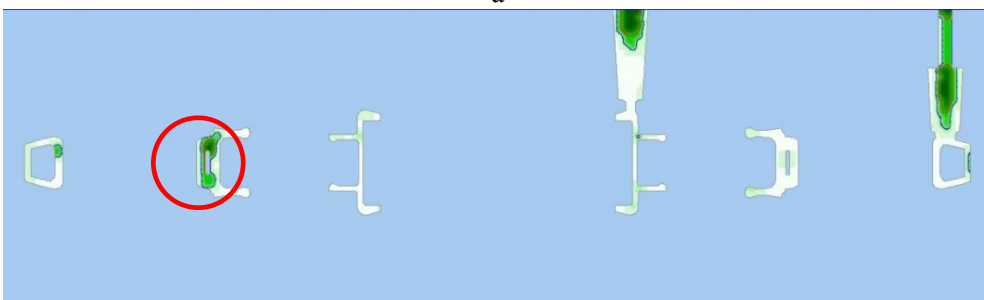


б

Рис. 5. Усадка в тепловых узлах (а) і розподіл величин критерію Ніями (б) в перерізі III-III



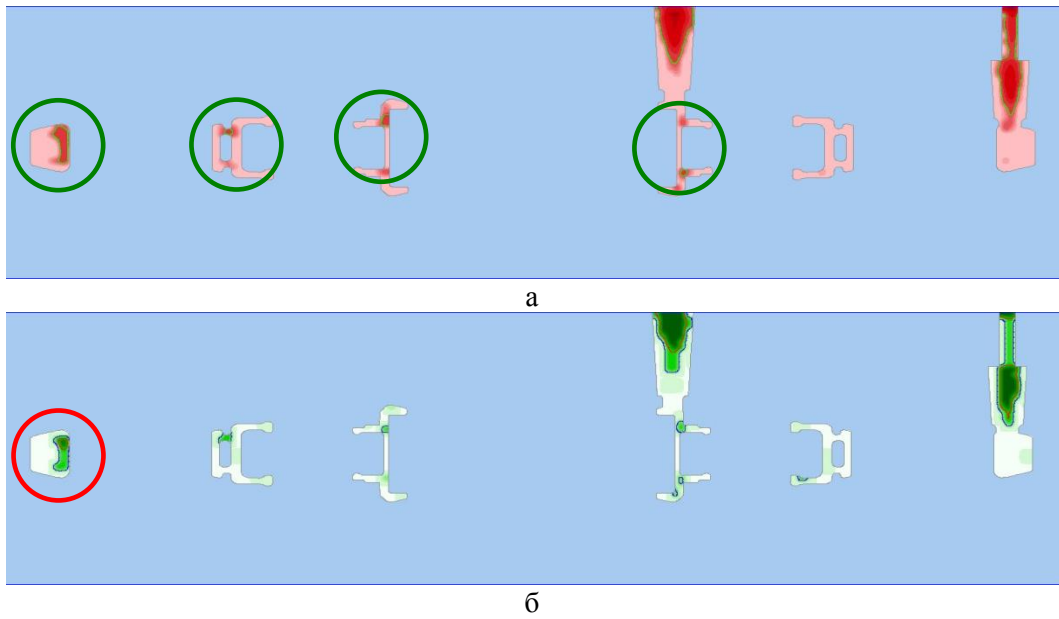
а



б

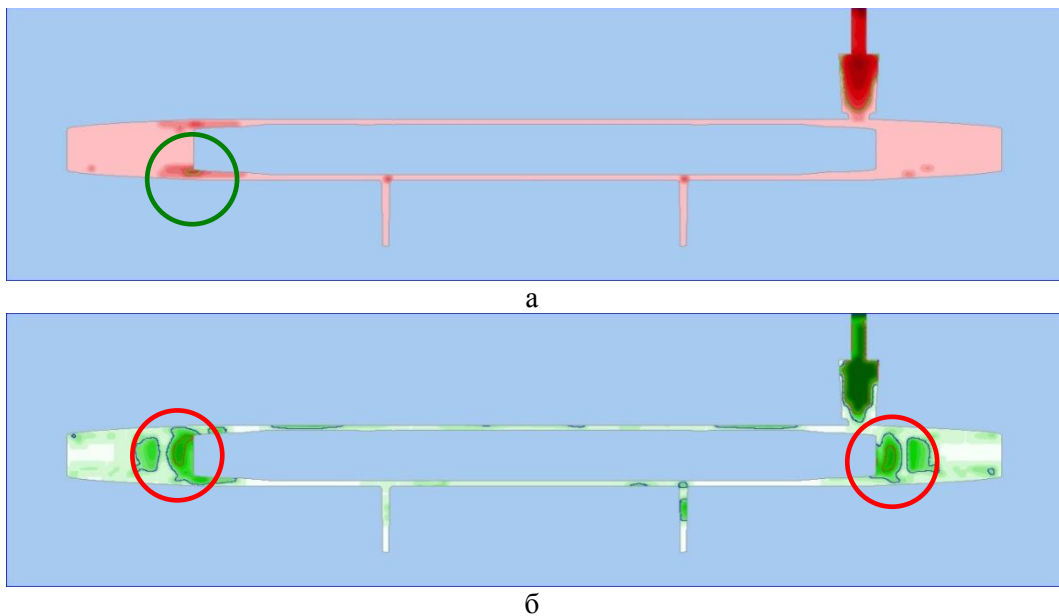
Рис. 6. Усадка в тепловых узлах (а) і розподіл величин критерію Ніями (б) в перерізі IV-IV

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



*Рис. 7. Усадка в тепловых узлах (а) і розподіл величин критерію Ніями (б) в перерізі V-V*

Концентрація усадки в теплових вузлах і розподіл величин критерію Ніями для ливникової системи з використанням екзотермічних вставок представлені на рис. 8-12.



*Рис. 8. Усадка в тепловых узлах (а) і розподіл величин критерію Ніями (б) в перерізі I-I*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

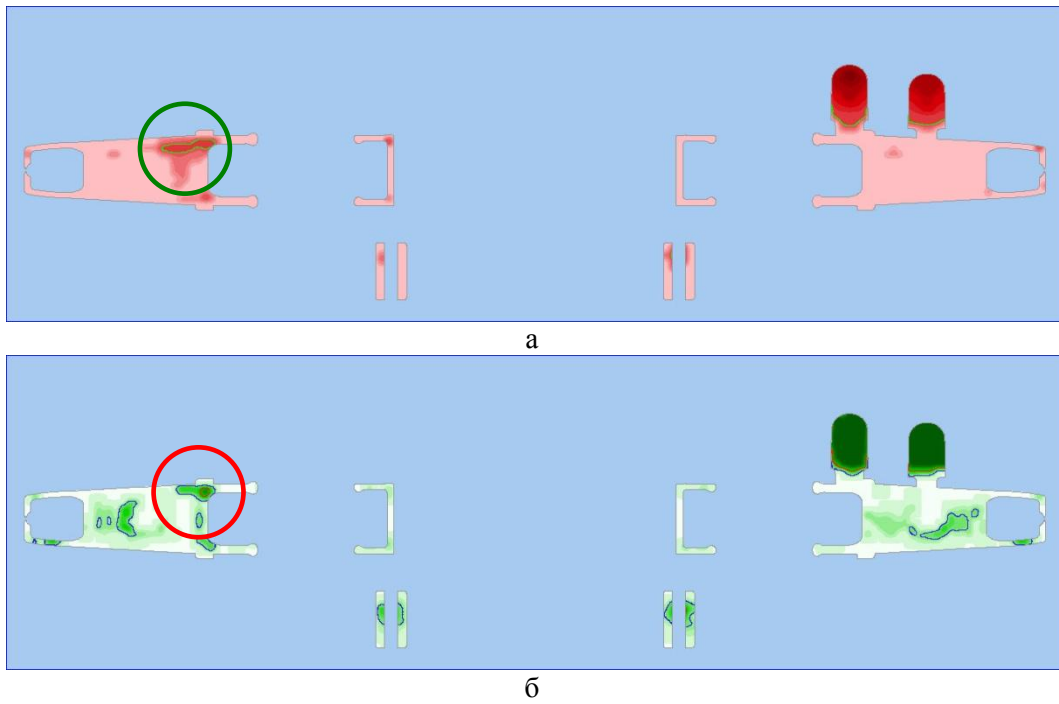


Рис. 9. Усадка в теплових вузлах (а) і розподіл величин критерію Ніями (б) в перерізі II-II

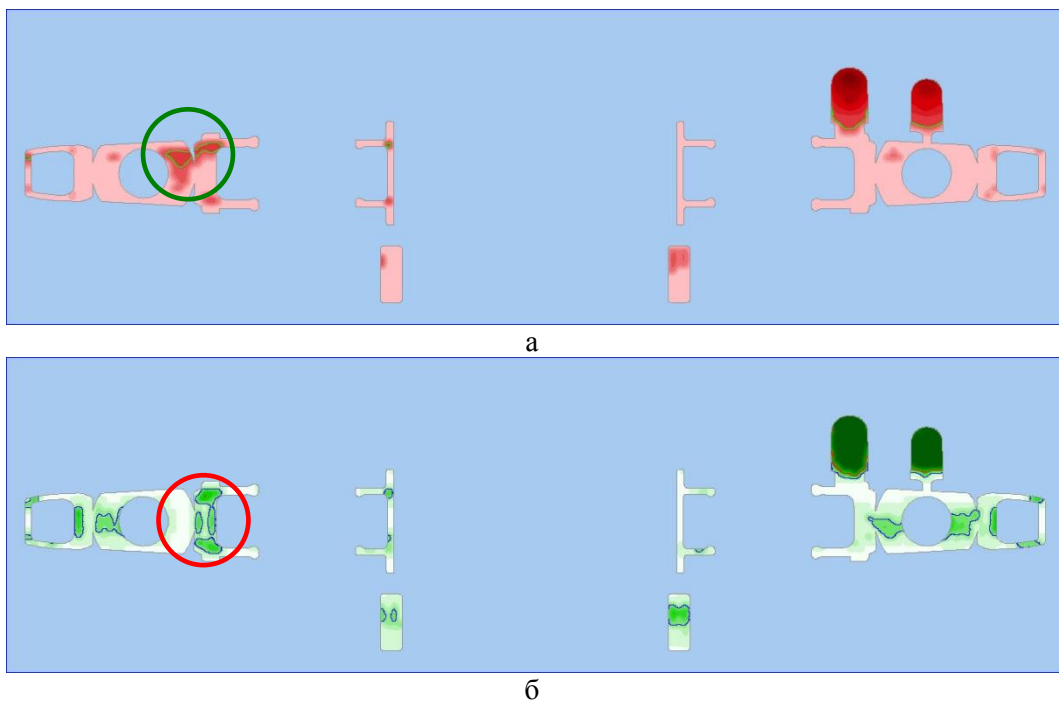


Рис. 10. Усадка в теплових вузлах (а) і розподіл величин критерію Ніями (б) в перерізі III-III

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

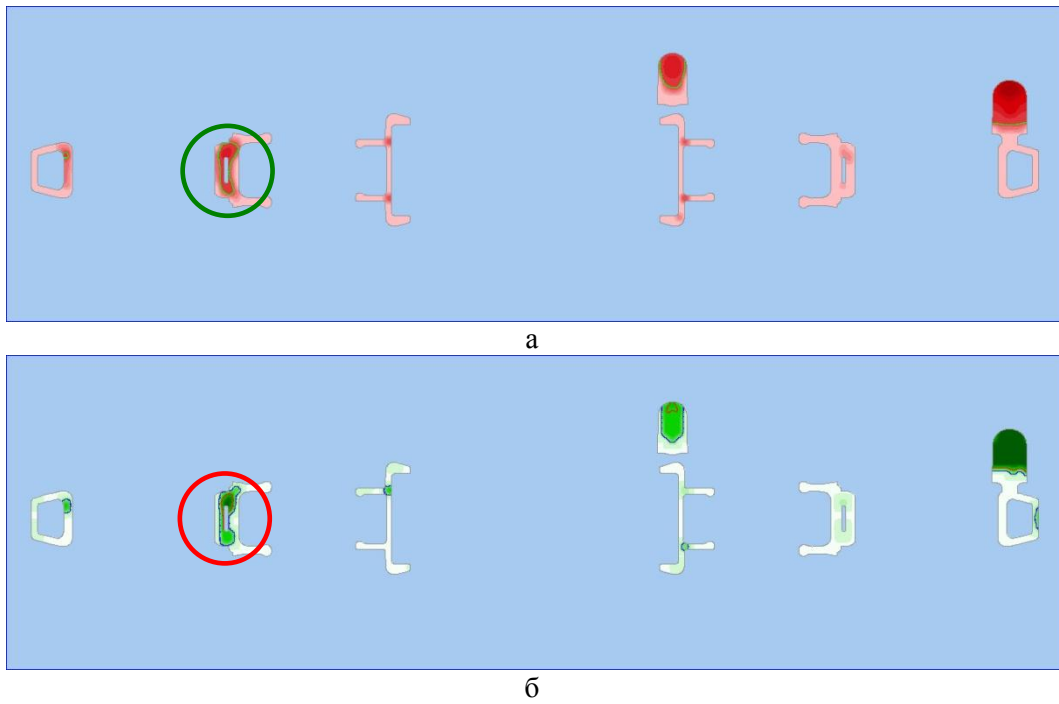


Рис. 11. Усадка в тепловых узлах (а) і розподіл величин критерію Ніями (б) в перерізі IV-IV

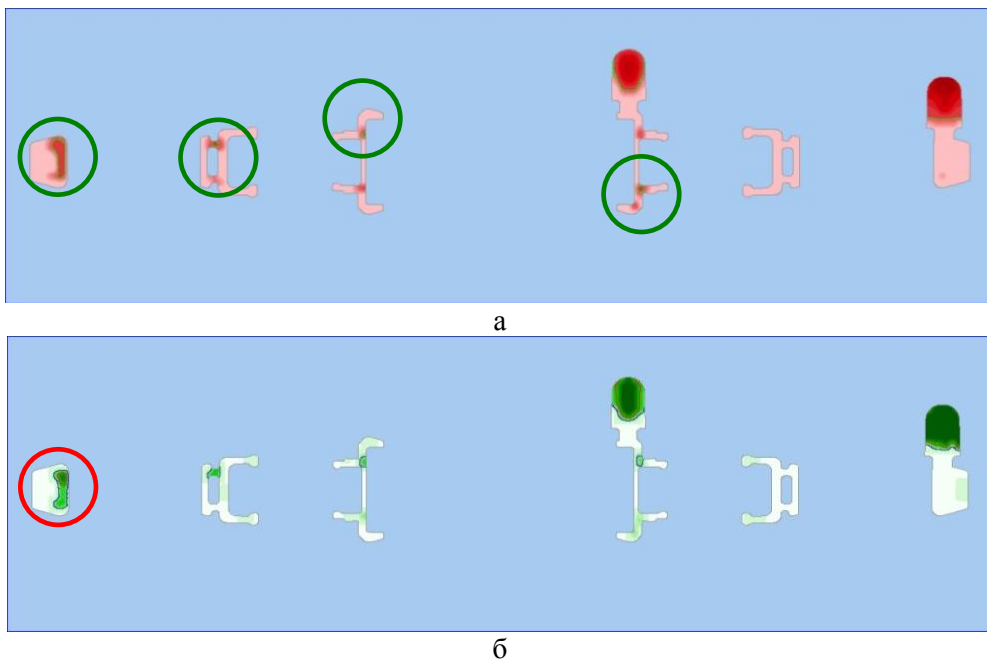


Рис. 12. Усадка в тепловых узлах (а) і розподіл величин критерію Ніями (б) в перерізі V-V

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Висновки.

Проведені дослідження показали основні місця можливого виникнення дефектів усадкового характеру, а саме: верхня стінка верхнього пояса в надбуксовій зоні, внутрішній кут прорізу під колісну пару, з'єднання нижньої стінки похилого пояса з внутрішніми щелепними напрямними, горизонтальна поличка закінчення консольної частини. У разі використання ливарних надливів утворення дефектів мінімальне, і більшість дефектів іде в ливарний надлив, а використання екзотермічних вставок дозволить істотно збільшити відсоток придатного литва, зменшити на 10–20 % металомісткість ливарної форми та знизити витрати на виробництво. Для усунення дефектів, розташованих у нижній частині півформи, доцільно застосовувати холодильники. Таким чином, під час розроблення ливниково-живильної системи в умовах підприємства-виробника на початковому етапі виконують її розрахунок, а потім шляхом численних експериментів підбирають ефективнішу.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ГОСТ 22703:2018 (ГОСТ 22703-2012, IDT) Деталі литі зчпних та автозчпних пристроїв залізничного рухомого складу. Загальні технічні умови 15с.
2. ДСТУ ГОСТ 32400:2016 (ГОСТ 32400-2013, IDT) Рама бічна та балка надресорна литі візків залізничних вантажних вагонів. Технічні умови 49с.
3. Буданов Е. Н. Семь основных мифов и заблуждений относительно литейного производства. Литейное производство. 2009. № 8. С. 2-8.
4. Буданов Е. Н. Семь основных мифов и заблуждений относительно литейного производства. Литейное производство. 2009. № 9. С. 2-10.
5. Каторгин С. В., Воронин Ю. Ф. Ликвидация вторичного окисления стали 20ГЛ с применением на формах восстановительных покрытий. Молодой ученый. 2012. №5. С. 29-32.
6. Каторгин С. В., Воронин Ю. Ф. О влиянии технологических параметров на качество отливок «Рама боковая». Молодой ученый. 2011. №11. Т.1. С. 50-52.
7. Пирайнен В. Ю., Пономаренко Г. М., Глебов С. М. Новое в проектировании технологии изготовления отливки рама боковая. Литейное производство. 2009. № 4. С. 23-26.
8. Лакедемонский А.В., Кваша Ф.С., Медведев Я.И. и др. Литейные дефекты и способы их устранения. М.: Машиностроение, 1972. 152 с.
9. Гацуро В.М., Вовся С.А. Использование экзотермических вставок при производстве стального литья – путь к экономии. Литье и металлургия. 2008. № 2(46). С. 131-133.
10. Малый А.В., Каргинов В.П., Иванов В.Г. Применение экзотермических вставок для получения качественного литья. URL: <https://lityo.com.ua/primenenie-ekzotermicheskikh-vstavok-dlya-polucheniya-kachestvennogo-litya>
11. Поляков С., Коровин В.М., Коротченко А.Ю., Баст Ю. Значение критического числа Ниямы как функция от технологических условий литья. URL: [http://www.newcomrccast.ru/Artikel/Niayama/Niayama-12\\_2012.pdf](http://www.newcomrccast.ru/Artikel/Niayama/Niayama-12_2012.pdf)
12. Андреев С. П., Щербина А. П. Оптимизация литниково-питающих систем отливок поршней. Двигатели внутреннего сгорания. 2005. № 2. С. 115-117.

***O.M. Bahrov***

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine  
Tel: (05366) 6-11-80, E-mail: [anbagrov@meta.ua](mailto:anbagrov@meta.ua)  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8984-7595>



### **S.M. Miroshkin**

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine  
Tel: (05366) 6-11-80, E-mail: lab7ukrndiv@gmail.com  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-5144-0101>

### **I.S. Ponomarova**

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine  
Tel: (05366) 6-11-80, E-mail: lab7ukrndiv@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5541-9495>

### **M.I. Solianyk**

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,  
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine  
Tel: (05366) 6-11-80, E-mail: lab7ukrndiv@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7482-1874>

## STUDYING THE IMPACT OF THE FOUNDRY CASTING BASINS AND EXOTHERMIC INSERTS USE ON THE OCCURRENCE OF DEFECTS IN CAST PARTS

*Modern railcar building is impossible to imagine without the production of cast parts. But, unfortunately, the foundry faces a common problem in this industry, i.e., the occurrence of casting defects, such as shrinkage porosity, sinks, etc. Manufacturers of foundry products are developing a large number of measures aimed at reducing the number of these defects. Particular attention should be paid to defects that occur in the body of the casting without appearing on the surface of the part, the so-called internal defects. The most common defects are shrinkage sinks and porosity, that occur in the casting during solidification and reduction of the linear dimensions of the metal. Therefore, it is necessary to accomplish a difficult task, namely to bring castings to simultaneous crystallization in volume. This is achieved by using a variety of methods, one of which is the most modern, is the installation of exothermic inserts. The use of exothermic inserts increases the time of the exothermic reaction, during which a large amount of thermal energy, which allows the metal to retain its liquid state for a long time. At the same time, the metal from the casting basin feeds the part more evenly over the shape. After the end of the exothermic reaction, the insert material retains its thermal insulation properties, thereby ensuring directional solidification.*

*The article presents the results of a study of installed exothermic inserts influence on the occurrence of casting defects of a shrinkage nature compared to casting basins. The study was carried out on the example of the most problematic part - the bogie side frame, which is characterized by box sections and a large number of thermal nodes. Modern software was used to predict the likely locations of casting defects at the design stage of the casting system. A comparative analysis of casting processes with/without casting basins, and foundry casting basins with exothermic inserts allows us to choose the most efficient scheme that will reduce the likelihood of casting defects and reduce the metal consumption of the casting mold. The use of exothermic inserts can signifi-*

*cantly reduce the number of pours to be installed, thereby reducing the cost of casting production.*

*Key words: foundry casting basins, shrinkage sink, shrinkage porosity, exothermic insert, Niyama criterion.*

### REFERENCES

1. Detali lyti zchipnykh ta avtozchepnykh prystroiv zaliznychnoho rukhomoho skladu. Zahalni tekhnichni umovy [Cast parts of coupling and autocoupling devices for railway rolling stock. General technical conditions] (2018). DSTU HOST 22703:2018 (HOST 22703-2012, IDT) [in Ukrainian]
2. Rama bichna ta balka nadresorna lyti vizkiv zaliznychnykh vantazhnykh vahoniv. Tekhnichni umovy [Side frame and superstructure beam for cast bogies of railway freight cars. Technical specifications]. (2016). DSTU HOST 32400:2016 (HOST 32400-2013, IDT) [in Ukrainian]
3. Budanov, E. N. (2009) Sem osnovnykh mifov i zabluzhdeniy otnositelno liteinogo proizvodstva [Seven main myths and misconceptions about foundry]. *Liteynoe proizvodstvo – Foundry*, 8, 2-8
4. Budanov, E. N. (2009) Sem osnovnykh mifov i zabluzhdeniy otnositelno liteinogo proizvodstva [Seven main myths and misconceptions about foundry]. *Liteynoe proizvodstvo – Foundry*, 9, 2-10
5. Katorgin, S. V., & Voronin, Yu. F. (2012). Likvidatsiya vtorichnogo okisleniya stali 20GL s primeneniem na formakh vosstanovitelnykh pokritii [Elimination of secondary oxidation of steel 20GL with the use of reducing coatings on the molds]. *Molodoy uchenyy - Young Scientist*, 5, 29-32
6. Katorgin S. V., & Voronin, Yu. F. (2011). O vliyaniy tekhnologicheskikh parametrov na kachestvo otlivok «Rama bokovaya» [On the influence of technological parameters on the quality of “Side frame castings”]. *Molodoy uchenyy - Young Scientist*, 11. (Vol. 1), 50-52
7. Pirainen V. Yu., Ponomarenko, G. M., & Glebov S. M. (2009). Novoe v poektirovaniy tekhnologii izgotovleniya otlivki rama bokovaya [New in designing of the casting manufacturing technology for a side frame]. *Liteynoe proizvodstvo – Foundry*, 4, 23-26
8. Lakedemskii, A.V., Kvasha, F.S., & Medvedev, Ya. I. (1972). Liteynye defekty i sposoby ikh ustraneniya [Foundry defects and ways of their elimination]. Moscow: «Mashinostroenie»
9. Gatsuro, V.M., & Vovsya, S.A. (2008). Ispolzovanie ekzotermicheskikh vstavok pri proizvodstve stalnogo litya – put k ekonomii [Use of exothermic inserts in steel casting production – the way to economy]. *Lite i metallurgiya - Casting and metallurgy*, 2(46), 131-133
10. Malii, A.V., Karginov, V.P., & Ivanov V.G. Primenenie ekzotermicheskikh vstavok dlya polucheniya kachestvennogo litya [Application of exothermic inserts for obtaining high-quality castings]. <https://lityo.com.ua/primenenie-ekzotermicheskikh-vstavok-dlya-polucheniya-kachestvennogo-litya>
11. Polyakov S., Korovin, V.M., Korotchenko, A.Yu., & Bast, Yu. Znachenie kriticheskogo chisla Niyami kak funktsiya ot tekhnologicheskikh usloviy litya [The value of critical Niyama number as a function of technological conditions of casting]. [http://www.newcompcast.ru/Artikel/Niyama/Niyama-12\\_2012.pdf](http://www.newcompcast.ru/Artikel/Niyama/Niyama-12_2012.pdf)
12. Andreev, S. P. & Shcherbina, A. P. (2005). Optimizatsiya litnikovo-pitayushchikh sistem otlivok porshnei [Optimization of the gutter-feeding systems of the piston castings]. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya - Internal Combustion Engines*, 2, 115-117