

УДК 621.746.047

Хитько О.Ю., Шапран Л.О., Іванова Л.Х.

## Порівняльне дослідження прогинів роликів зони вторинного охолодження МБЛЗ

Hitko O.Yu., Shapran L.O., Ivanova L.Kh.

## Comparative study of roller deflection of the secondary cooling zone of ccm

**Мета.** Встановити вплив технології безперервного розливання на роботу та геометричні параметри роликів МБЛЗ, виготовлених методом лиття, у порівнянні з кованими роликами.

**Методика.** Дослідили литі ролики виконань 17X12МФЛ-20Л та 20X25H19С2Л-20Л та ковани ролики. Досліджувані ковани та литі сталеві біметалеві ролики були встановлені непривідними на малому радіусі технологічної лінії п'ятого та шостого механізмів зони вторинного охолодження машин безперервного лиття заготовок. У процесі експлуатації визначали максимальну величину прогину за допомогою спеціального пристрою.

**Результати.** У процесі експлуатації проводили вимірювання прогинів та температури поверхні бочок роликів. Отримані значення величини прогинів біметалевих роликів були на 15...20% нижчими, ніж у серійних кованих роликів. Максимальний прогин біметалевих роликів становив 2,3 мм при швидкості розливу 0,2 м/хв під час заміни стакану розливу. Вимірювання температури поверхні роликів показали, що дослідні ролики працювали в нормальному температурному режимі. Велика в порівнянні з кованими площа внутрішньої тепловідвідної поверхні в біметалевих роликах забезпечувала ефективне відведення тепла.

**Наукова новизна.** Вперше отримали величини прогинів литих біметалевих роликів. Вперше запропоновано та освоєно методику вимірювання та визначення в процесі експлуатації прогинів та температури поверхні бочок роликів.

**Практична значущість.** Запропоновано технологію визначення прогинів кованих та литих сталевих біметалевих роликів при встановленні їх непривідними на малому радіусі технологічної лінії п'ятого та шостого механізмів зони вторинного охолодження машин безперервного лиття заготовок в сталому і перехідному режимах розливання сталі.

**Ключові слова:** зона охолодження, ролик, сталь, прогин, температура

**Meta.** Install the continuous pouring technology onto the robot and the geometric parameters of the CCM rollers, manufactured by casting, and aligned with forged rollers.

**Methodology.** We have followed the Vikonan cast rollers 17X12МФЛ-20Л and 20X25H19С2Л-20Л and forged rollers. The additionally forged and cast steel bimetal rollers were installed undamaged on the small radius of the technological line of the fifth and sixth mechanisms of the secondary cooling zone of continuous casting machines. In the process of operation, the maximum value of the gap was determined using a special device.

**Results.** During operation, the deflection and temperature of the surface of the roller barrels were measured. The deflection values of bimetal rollers are 15...20% lower than those of serial forged rollers. The maximum deflection of the bimetal rollers became 2.3 mm with a pouring speed of 0.2 m/h per hour of replacing the pouring glass. Variations in the temperature of the surface of the rollers showed that the previous rollers operated under normal temperature conditions. The large, flat and forged surface of the internal heat-dissipating surface in the bimetal rollers ensures efficient heat dissipation.

**Scientific novelty.** First, we determined the values of the deflections of the cast bimetal rollers. First, the method of vibrating and measuring the temperature of the surface of the roller barrels during operation was established and mastered.

**Practical significance.** The technology for the significant deflection of forged and cast steel bimetal rollers when they are installed at a small radius of the technological line of the fifth and sixth mechanisms of the secondary cooling zone of machines for continuous casting of blanks in the steel and transitional modes of steel casting.

**Key words:** cooling zone, roller, steel, bending, temperature

### Вступ

У вітчизняній практиці для машин безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) застосовуються ковани ролики, за цього дані про застосування литих сталевих литих роликів, що містять технологію їх виробництва та раціональні технологічні конструкції литих роликів, дослідження процесів зменшення ливарних напруг і підвищення експлуатаційних властивостей роликів дуже обмежені, тому порівняльне дослідження експлуатації кованих та сталевих відцентроволитих біметалевих роликів, що працюють в умовах великих механічних та температурних навантажень є актуальним, а завдання має важливе прикладне значення. Дана стаття присвячена рішенням про-

блеми підвищення якості роликів МБЛЗ, які виготовляють відцентровим литтям.

### Аналіз літературних даних та постановка задачі

Першочерговим завданням реструктуризації сталеплавильного виробництва України в даний час є значне збільшення частки безперервного розливання сталі, і завдяки цьому суттєве зменшення питомої витрати металу на тонну злитків при одночасному підвищенні якості заготовок. У Національній металургійній Академії України (НМетАУ) починаючи з 1983 року проводилися роботи з систематизації досвіду вітчизняних та зарубіжних фірм щодо вдосконалення констук-

цій роликів зони вторинного охолодження МБЛЗ [1].

Одним із найважливіших питань для широкого впровадження безперервного розливання сталі є забезпечення МБЛЗ робочим інструментом – роликми, які є, власне, елементом ливарної форми (технологічної лінії) цього способу лиття. Умови роботи роликів, особливо в зоні вторинного охолодження МБЛЗ, характеризуються високими знакозмінними силовими та термічними навантаженнями, які пояснюються малою швидкістю обертання роликів (до 1 об/хв), великою різницею температури їхньої поверхні з боку слябу (450...550 °С) та протилежного (80...120°С), перепадом температури по перерізу (100...400 °С) і довжині бочки ролика (до 220°С), великим (до 8 м) металостатичним напором з боку безперервнолитої заготовки, що твердіє. Ця «ливарна форма», особливо, в зоні вторинного охолодження заготовок повинна мати такі основні властивості як високі міцність і зносостійкість, якнайменші напруги та ін.

Рівень технології безперервного розливання дозволяє проводити заміну ковшів практично без зниження швидкості розливання. Серійність плавок без заміни ковшів сягає 6...8. Тому найбільший вплив на ритмічність і витримку швидкості розливу вносить заміна стаканів, що занурюються. При заміні стаканів швидкість розливання знижується з 0,8 до 0,2 м/хв, що спричиняє збільшення температурного перепаду по перетину ролика. За цього збільшується прогинання роликів і проміжок між ними, що визначає товщину зливка повздож технологічної лінії.

Вчені кафедри ливарного виробництва Українського державного університету науки і технологій підтвердили доцільність використання біметалевих роликів замість кованих по технологічній довжині МБЛЗ, що позитивно впливало на якість сталевих заготовок, що розливаються [2-9].

**Мета і завдання дослідження** полягає в встановленні впливу параметрів ливарної технології безперервного розливання на роботу та геометричні параметри роликів МБЛЗ, виготовлених методом лиття, у порівнянні з кованими роликми.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідили литі ролики виконань 17Х12МФЛ-20Л та 20Х25Н19С2Л-20Л та ковани ролики. Перед та під час експлуатації проводили вимірювання прогинів дослідних роликів діаметром 300 мм, що працювали в умовах великих механічних та температурних навантажень. Вимірювання прогину сталевого литого ролика до експлуатації проводили під впливом тільки механічного навантаження. Так, прогин литих роликів від дії вантажу масою 10 т склав 0,5 мм, що на 5...10 % більше прогину кованих роликів цього діаметра. У процесі експлуатації визначали максимальну величину прогину за допомогою спеціального пристрою.

Запис прогинів роликів МБЛЗ протягом більше 300 хвилин дозволило визначити їх величину в сталому і перехідному режимах розливання сталі на МБЛЗ, пов'язаних із заміною стакана, що занурюється. При експлуатації роликів МБЛЗ час їх виходу на температурний режим становив 90 ... 100 хв.

Досліджувані ковани та литі сталеві біметалеві ролики були встановлені непривідними на малому радіусі технологічної лінії п'ятого та шостого механізмів зони вторинного охолодження машин безперервного лиття заготовок [2].

#### **Результати досліджень та їх обговорення**

Для прогнозування зміни величини проміжку між роликми при заміні кованих на біметалічні, а також оцінки їхньої конструкційної міцності експериментально визначали зміну величини прогинів порівнюваних роликів наступним чином: До експлуатації величину прогину роликів оцінювали за допомогою спеціального пристрою з датчиком годинникового типу з точністю  $\pm 0,01$  мм при навантаженні контрольним вантажем масою 10 т. У процесі експлуатації визначали максимальну величину прогину за допомогою спеціального пристрою (рис. 1) зі штоком із матеріалу з малим коефіцієнтом термічного розширення з точністю  $\pm 0,01$  мм. Пристрій було вмонтовано у водоохолоджувальну раму касети для роликів  $\varnothing 300$  мм верхнього полотна п'ятого механізму зони вторинного охолодження.

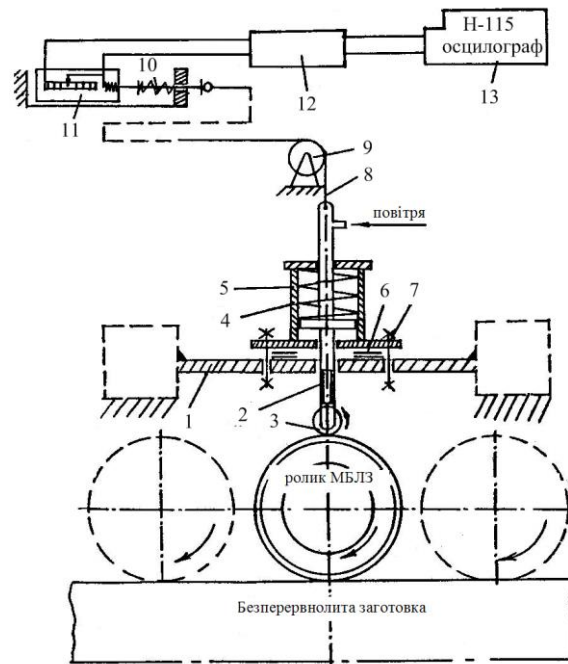


Рис. 1. Схема пристрою для визначення прогинів: 1 – кронштейн; 2 – шток; 3 – ролик; 4 – пружина; 5 – корпус; 6 – прокладки; 7 – болтове з'єднання; 8 – струна; 9 – блок; 10 – пружина; 11 – датчик переміщення; 12 – електропанель; 13 – осцилограф

На рамі роликової секції встановлені стаціонарні кронштейни 1, на яких закріплено пристрій, що складається зі штока 2 з малим роликом 3, пружини 4 і корпусу 5. Попереднє налаштування пристрою проводили за допомогою прокладок 6, після чого пристрій закріплювали на кронштейні болтовим з'єднанням 7. При вимірах порожнистий шток 2 охолоджується стисненням повітрям. Переміщення штока передається за допомогою струни 8 через блок 9 на реохордний датчик переміщення 11. Постійне натяг струни забезпечується пружиною 10. Перетворений реохордним датчиком сигнал надходить на панель 12, зібрану за мостовою схемою і далі на світлопроменевий осцилограф 13.

Розроблена вимірювальна схема дозволяє вивести реохордний датчик переміщення із зони впливу високих температур, тобто межі зони вторинного охолодження. Тарування вимірювальної схеми проводили безпосередньо в МБЛЗ. Для вимірювання температури поверхні роликів були виготовлені контактні термодари типу ХК з переносним мілівольтметром та протаровані в інтервалі температур 20...500С. Для вимірювання прогинів роликів застосовували витратні датчики типу ЛХ707 зі спеціальними передатними пристроями, що дозволяють вивести датчик із зони високих температур. Тарування датчиків переміщення проводили безпосередньо на МБЛЗ за допомогою мірних пластин товщиною 0,1 мм, що вводяться між поверхнею ролика та штоком датчика. У цьому враховували температурні подовження механічних зв'язків.

Температурне поле поверхні бочки ролика досліджували при розливанні на МБЛЗ великогабаритних заготовок перетином 300x1850 мм. Контактні термодари підводилися із тильного боку ролика. Це дозволило провести вимірювання температури поверхні роликів в режимі, що встановився.

Інтервал температур, встановлений при вимірах, становив 120 ... 140С. Використовуючи ці дані та результати проведених раніше досліджень температурних полів серійних роликів, методом апроксимації були отримані максимальні значення температури в зоні контакту ролика зі злитком - 470С. Температурне подовження передавальних елементів враховували при обробці даних кінцевого розходження величин сигналу після виходу зливка і перевірялося розрахунком, для чого визначали температуру елементів конструкції контактною термодарою.

Величину прогинів вимірювали за допомогою реохордних датчиків типу ЛХ-705 з точністю  $\pm 0,01$  мм. Показання датчиків переміщення реєстрували осцилографом Н-115. Одночасно на цю ж осцилограму записували швидкість розливання, що змінюється при зміні ковшів, заміні склянки розливу, на початку і кінці розливу та ін. Запис проводили безперервно.

Одночасно проводили вимірювання прогинів двох роликів: експериментального біметалічного 2 та серійного кованого 1 ролика, встановлених середніми у верхніх касетах відповідно шостого та п'ятого механізмів п'ятого струмка МБЛЗ № 3. Результати вимірювань реєструвалися на одній осцилограмі, що дозволило порівняти зміну про-

гинів у процесі експлуатації за всіх швидкісних режимах розливання. Експериментальні дані використовувалися при розрахунку співвідношення товщин шарів біметалу і напруги в них, а також для визначення необхідної жорсткості роликів.

Прогин роликів у процесі експлуатації оцінювали за максимальним відхиленням контрольного щупа з фіксатором. Щуп контактував з роликом перпендикулярно до широкої грані слябу і вводився в контакт через трубу, вварену в поздовжню балку роликової секції. Після проходження серії плавок відхилення щупа вимірювалося за допомогою штангенциркуля. Вимірювання показали, що максимальний прогин

роликів при зміні проміжного ковша і швидкості розливання 0,2 м/хв склав для дослідних роликів виконань 17X12МФЛ-20Л та 20X25Н19С2Л-20Л 2,5 та 3,5 мм, відповідно. Певне значення прогину одного з дослідних роликів перевищувало прогини кованих роликів, які становлять 2,5...2,8 мм.

На рис. 2 і 3 наведено графічні зображення швидкості розливання, а також прогинів біметалічного (1) та кованого (2) роликів. Криві характеризують зміну прогинів від початку розливання сталі до виходу зливка. При цьому була проведена заміна трьох склянок, що занурюються.

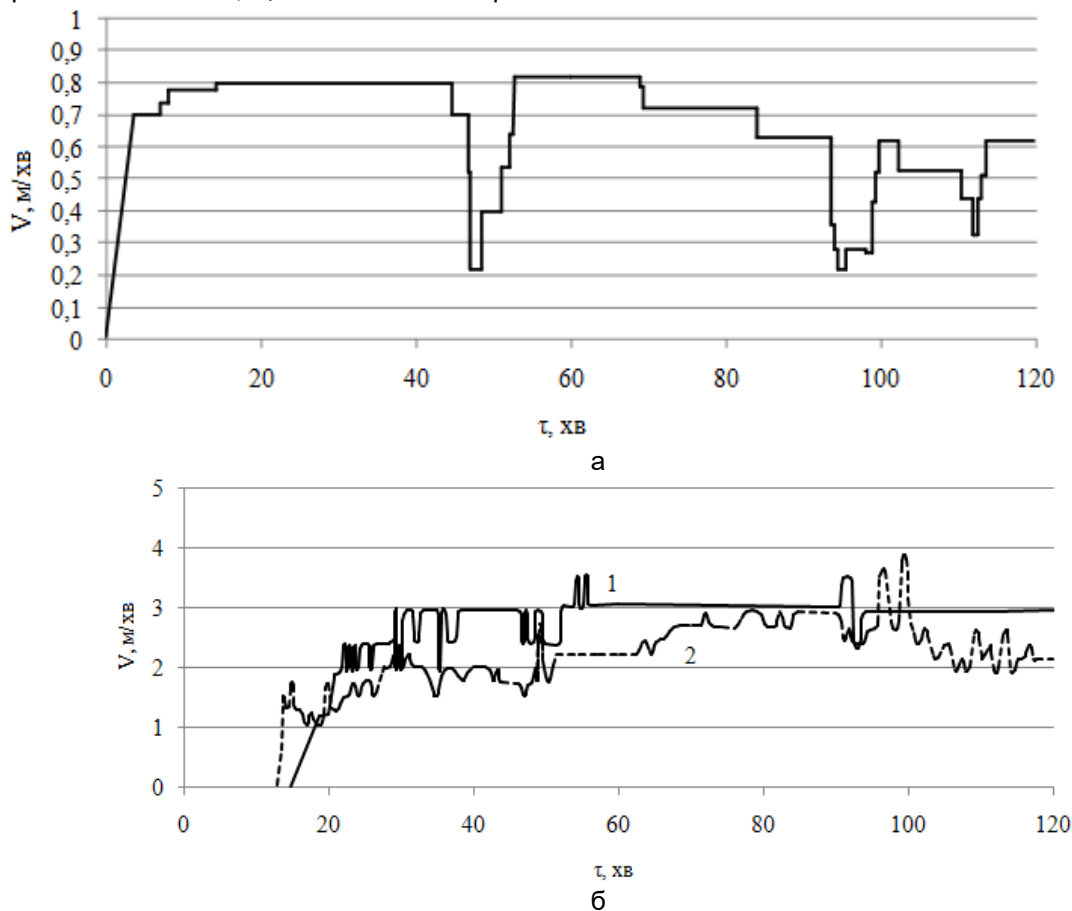


Рис. 2. Зміна швидкості розливання, а також прогинів біметалевого (1) і кованого (2) роликів у початковому (а) та встановленому (б) періодах

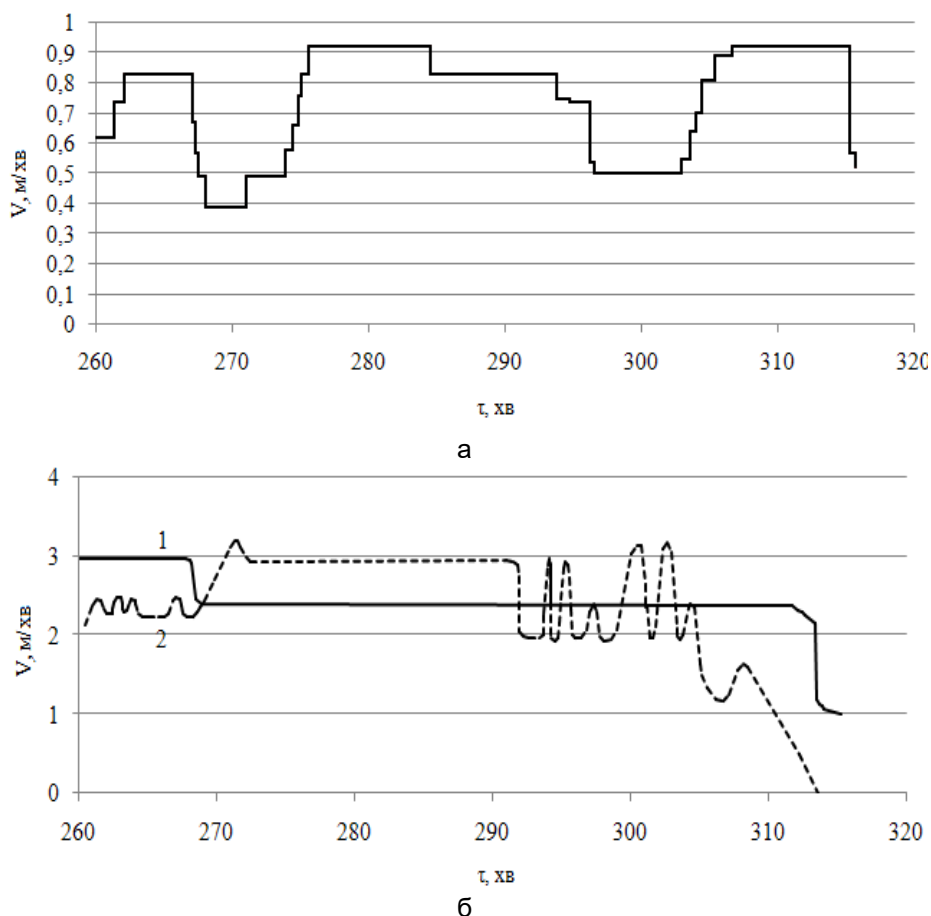


Рис. 3. Зміна швидкості розливання, а також прогинів біметалевого (1) та кованого (2) роликів у заключному періоді плавки, що підтверджує їхню стабільну працездатність

Дослідний ролик до тридцятої хвилини від початку розливу вийшов на встановлений режим і далі величина його прогину була постійною і рівною 3 мм, зі змінами до 0,5 мм при зниженні швидкості під час заміни склянок, що занурюються (див. рис. 2).

Коливальна зміна прогинів при цьому практично була відсутня. Для порівняння кований ролик отримував збільшення прогину протягом 80 хв від початку заливки. Зміна швидкості викликала у ньому коливальне змінення прогинів протягом 10...15 хв, зі збільшенням максимуму амплітуди до 4 мм (див. рис. 2). Прогини вимірювали з метою встановлення істинного значення зміни мікроликової відстані в МБЛЗ при використанні біметалічних роликів та можливого впливу стану роликової проводки на якість злитків. Встановлено, що прогини біметалічних роликів виконання 17X12МФЛ – 22ХМФЛ при режимі роботи МБЛЗ (швидкість розливу 0,6...0,8 м/хв), що встановився, становили 2...2,8 мм. При перехідних режимах, наприклад, при заміні склянки розливу, коли швидкість розливання зменшувалася до 0,2 м/хв, величина прогинів біметалічних роликів зростала до 3,5...4 мм.

Отримані значення величини прогинів біметалічних роликів були на 15...20% нижчими, ніж у серійних кованих роликів.

У процесі експлуатації проводили вимірювання прогинів та температури поверхні бочок роликів. Встановлено, що максимальний прогин біметалічного ролика становить 2,3 мм при швидкості розливу 0,2 м/хв під час заміни стаканчика розливу. Вимірювання температури поверхні роликів показали, що вони працювали в нормальному температурному режимі, не перегріючись. Таким чином, велика в порівнянні з кованими площа внутрішньої тепловідвідної поверхні в біметалічних роликах забезпечувала ефективно відведення тепла.

#### Висновки

Застосування біметалевих роликів позитивно вплине на стабільність міжосьової відстані, як протягом усієї кампанії, так і при зміні швидкісних режимів під час розливання сталі окремих серій.

Встановлено, що при використанні біметалевих роликів відбувалося зменшення прогинів і стабілізувалася мікроликова відстань по технологічній довжині МБЛЗ, що позитивно впливало на якість сталевих заготовок, що розливаються.

#### Список літератури

1. Проведення випробувань з метою виявлення причин відмов та розробка варіанта підшипникового вузла роликів МБЛЗ, що забезпечує працездатність в умовах підвищених навантажень та температур. металургійний. ін-т (ДМЕТІ). - Керівник Г. Ф. Кравченко. 082401; № ГР 80027756. - Д., 1980. - 60 с.
2. Дослідження, розробка, виготовлення та випробування експериментальних біметалічних роликів із відцентроволитих заготовок зі зміцненим внутрішнім шаром: Звіт про НДР / Дніпроп. металургійний. ін-т (ДМетІ). - Керівник І. В. Адамов. - До 522080007; № ГР 01870063718. - Д., 1988. - 76 с.
3. Розробити сплави, удосконалити технологію виготовлення та провести промислові випробування експериментальних роликів із відцентроволитими бочками для зони вторинного охолодження МБЛЗ: Звіт НДР / Дніпропетровський металургійний інститут – [Керівник. Адамов І.В.]. - К522060006; № ГР 01860035487. - Д.: ДМетІ. - 1987. - 81 с.
4. Жукаєв В. І. Дослідження відцентрового лиття біметалічних труб поєднання сталь 20Х25Н19С2Л + сталь 20 для роликів МНЛЗ / В. І. Жукаєв, І. В. Адамов, Л. А. Хитько, Н. В. Сабанський // Науково – технічний прогрес виробництві труб: тематич. збірні. наук. праць. - М.: Металургія, 1987. - С. 52 – 55.
5. Шапран Л. О. Розробка та освоєння технології виготовлення біметалевих відцентроволитих роликів машин неперервного лиття заготовок: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.16.04/ НМетАУ. – Дніпропетровськ, 2009. – 18 с.
6. Шапран Л. О. Про стійкість роликів зони вторинного охолодження слябових МНЛЗ / Л. О. Шапран, Л. Х. Іванова // Східно – Європейський журнал передових технологій. - 2009. - № 2. - С. 10 - 15.
7. Адамов І. В. Вибір сплавів і розробка технології відцентрового лиття біметалічних заготовок для роликів МБЛЗ / І. В. Адамов, Л. О. Хитько // Відцентрове лиття - прогресивний технологічний процес виробництва труб і заготовок відповідального призначення: зб. наук. пр. Ін-т пробл. лиття. - К., 1990 - С. 73 - 78.
8. Шапран Л. О. Удосконалення конструкції біметалічної відцентроволитої заготовки ролика МНЛЗ / Л. О. Шапран, Л. Х. Іванова, О. В. Соценко // Металургійна та гірничорудна промисловість. – 2009. – № 2. – С. 28 – 31 .
9. Сабанський Н. В. Неоднорідність структури та властивостей відцентроволитих великогабаритних біметалічних заготовок для роликів МБЛЗ / Н. В. Сабанський, В. І. Жукаєв, Л. О. Хитько, В. І. Сося // Підвищення технічного рівня та вдосконалення технологічних процесів виробництва виливків: V Республ. наук.-техн. конф., Липень 1990: тези докл., Птом - Д., 1990. - С. 38 - 40.