

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ  
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

\*УДК 625.151.8.621.744

На правах рукопису

СМИРНОВ БОРИС МИКОЛАЙОВИЧ

Підвищення якості і довговічності сердечників  
та хрестовин стрілочних переводів шляхом удос-  
коналення технології їх виробництва

Спеціальність 05.22.06 - Залізнична колія  
05.16.04 - Ливарне виробництво -

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 1995



00777951 (-)

Робота виконана в Дніпропетровському  
університеті залізничного транспорту.

## Наукові керівники

- лауреат премії Ради Міністрів  
СРСР, доктор технічних наук,  
професор  
Рудницький Л.С.

- кандидат технічних наук,  
доцент  
Бобилев В.П.

## Науковий консультант

- доктор технічних наук,  
доцент  
Даніленко Е.І.

## Офіційні опоненти

- доктор технічних наук,  
професор  
Волошко Ю.Д.

- кандидат технічних наук,  
доцент  
Сажнев В.Н.

## Провідне підприємство

- Придніпровська залізниця

Захист відбудеться "28" березня 1995 р. о 14 год.  
на засіданні спеціалізованої вченої ради в Дніпропетровському  
державному технічному університеті залізничного транспорту  
за адресою:

320700 ДСП, м. Дніпропетровськ, Ю, вул. Академіка Лазаряна, 2, ауд. 224

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці університету.

Автореферат розісланий "28" лютого 1995 р.

Відгуки на автореферат у двох екземплярах, завірені печаткою,  
просимо надіслати до спеціалізованої ради університету Д 03.04.01.

## Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

кандидат технічних наук, доцент СН Гнатенко В.П.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Сучасні умови експлуатації залізних доріг характеризуються постійно зростаючим обсягом перевозок, збільшенням маси поїздів з підвищеними осьовими навантаженнями і збільшенням швидкості руху рухомого складу.

Така інтенсифікація роботи залізничного транспорту значно ускладнює роботу усіх елементів верхньої будови колії, погіршує основні параметри процесу взаємодії рухомого складу і колії та негативно впливає на надійність і працездатність стрілочних переводів. Це пред'являє підвищені вимоги до їх якості.

Стрілочний перевід являється складною і дорогокоштовною частиною в будові залізничної колії, відповідальною за плавність і безпеку руху поїздів з установленими швидкостями в місцях перехрещування рейкових ниток. Через це стрілочний перевід повинен бути міцним, надійним при експлуатації і довговічним.

Найбільш поширеною конструкцією в сітці залізних доріг являється стрілочний перевід з жорсткою збіркою хрестовини і литим сердечником, виконаним у вигляді загальної відливки з зношеною частиною вусовиків.

Сердечники і хрестовини стрілочних переводів відливають з високомарганцевої сталі ППОГІЗЛ в сухих пісчано-глиняних формах (ПГФ).

Підвищені експлуатаційні навантаження пред'являють підвищені вимоги до якості сталі ППОГІЗЛ. Незадовільні умови кристалізації сердечників в ПГФ не дозволяють підвищити якість сталі ППОГІЗЛ в робочому шарі цих відливок.

Строк служби стрілочних переводів залежить від якості сталі ППОГІЗЛ і строку служби хрестовин з литим сердечником.

Актуальність роботи визначається необхідністю підвищення якості та довговічності сердечників і хрестовин стрілочних пере-

водів в умовах інтенсифікації роботи залізних доріг. Підвищення якості та довговічності цих відливок може бути досягнуто шляхом удосконалення технології їх виробництва і створення найбільш сприятливих теплових умов для формування структури та властивостей металу особливо у зоні зносу сердечників хрестовин.

Мета роботи. Підвищення якості та довговічності сердечників і хрестовин стрілочних переводів шляхом удосконалення технології їх виробництва, зниження собівартості та трудоемкості виробництва цих відливок.

Методика досліджень. Для досягнення поставленої мети, дослідження проводились як на лабораторній так і на промисловій стадіях, а також в експлуатаційних умовах безпосередньо в залізничній колії. При цьому були використані стандартні і спеціальні методи дослідження з використанням сучасного устаткування і приладів.

В дослідженнях застосовували методи математичного моделювання з використанням сучасних ЕОМ. Необхідні результати досліджень підлягали обробці на ЕОМ.

Наукова новина. Досліджені працездатність в колії і характер зносу литих сердечників хрестовин стрілочних переводів у взаємозв'язку з якістю вихідного металу і технологією виробництва відливок. Розроблені і науково обгрунтовані шляхи підвищення надійності та довговічності цих відливок при експлуатації під поїздами.

Проведен аналіз сучасних методів підвищення якості сталі ІЮГІЗЛ. Встановлен найбільш ефективний метод поліпшення якості сталі і підвищення експлуатаційної стійкості сердечників хрестовин стрілочних переводів.

Методом кореляційного аналізу встановлені фактори, які визначають зношуваність сталі ІЮГІЗЛ в умовах впливу ударних та стиращих навантажень від коліс рухомого складу. На цій основі розроб-

лена критеріальна методика прогнозування експлуатаційної стійкості сердечників хрестовин.

Розроблена математична модель теплового поля системи відливка-форма. Досліджений характер і швидкість поширення фронту кристалізації по перетину сердечника.

На основі цих досліджень із урахуванням експериментальних даних встановлені і теоретично обґрунтовані параметри облицьованого кокиля, забезпечуючі найбільш сприятливі теплові умови формування сталі ІІСГІЗЛ з високими експлуатаційними характеристиками в робочому шарі сердечників у зоні поверхні катання.

Розроблена раціональна технологія відливки сердечників хрестовин в облицьований кокіль, яка дозволяє підвищити якість і довговічність цих конструкцій при експлуатації.

Розроблен метод багаторазового прискорення процесу затвердіння рідких самоствердіючих сумішей.

Досліджен механізм витиснення РСС в зазор при зануренні моделі в суміш, попередньо загиту в кокіль. Встановлені оптимальні параметри цього процесу.

Практична цінність роботи складається з можливості широкого використання результатів досліджень, науково-дослідницькими проектними та виробничими організаціями, а також окремими дослідниками у науковій та інженерній діяльності.

Усі основні висновки та розрахункові методики доведені до рівня практичного використання. Практичне використання результатів дослідження в виробництві сердечників та хрестовин дозволяє підвищити якість, надійність та довговічність цих конструкцій при експлуатації в залізничній колії, знизити трудоемкість виробництва та собівартість відливок.

Реалізація роботи. Сердечники, відлиті в кокіль облицьований РСС, використані у стрілочних переводах типу Р65 марки І/ІІ на

головних коліях Придніпровської та Південно-Уральської з.д., також на Експериментальному кільці ДНДІЗТ. З цією метою дослідна партія сердечників у кількості 12 прим. виготовлена на ДСЗ. За даними експлуатаційних та полігонних випробувань тонаж відказу хрестовин з дослідними сердечниками в діючі колії вище тонажу відказу хрестовин з рядовими сердечниками на 15-20%.

Апробація роботи. Основні наукові положення та матеріали дисертації були докладені і обговорені на Координаційних нарадах по підвищенню якості стрілочних переводів (м.Муром, 1989 р. та м.Ленінград, 1990 р.); на науковому семінарі кафедри теплотехніки ДІІТу (1991 р.), на всеукраїнській науково-практичній конференції (м.Дніпропетровськ, 1993 р.).

Дисертаційна робота була розглянута та ухвалена на засіданні кафедри "Технологія матеріалів" з участю фахівців кафедри "Колія та колійне господарство" (ДІІТ) та фахівців кафедри "Ливарне виробництво" Державної металургійної академії України (1994 р.).

Публікації. По матеріалам дисертації опубліковано 11 робіт, з котрих 5 авторських свідоцтв. Основні положення дисертації відображені в 4 науково-технічних звітах.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 8 розділів, основних висновків, списку використаної літератури з 127 найменувань; вона викладена на 218 сторінках, в тому числі 70 малюнків, 14 таблиць, 7 додатків.

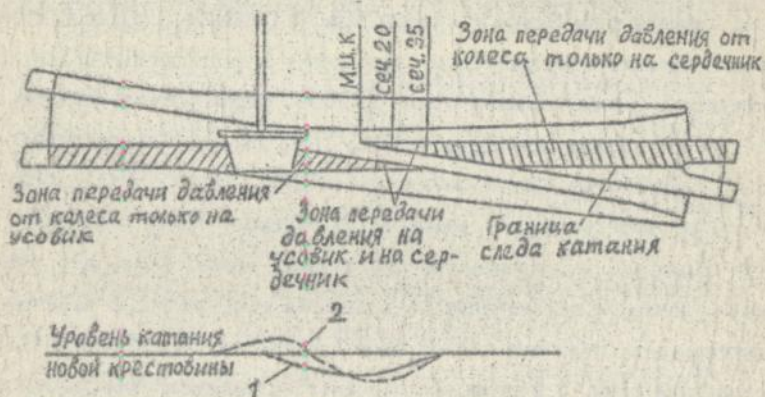
#### ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі розглядаються: актуальність теми, мета, наукова новина та практичне значення дисертаційної роботи.

У першому розділі на основі вивчення вітчизняних та закордонних літературних джерел виконані аналіз умов праці та характеру зносу литих сердечників та хрестовин стрілочних переводів, встановлені основні фактори, визначаючі надійність та довговічність

сердечників та хрестовин при експлуатації, в колії. Зроблено аналіз технологій, які використовуються в теперешній час при виробництві цих відливков, відмічені їх переваги та недоліки, сформульовані задачі дослідження. Серед усіх гнучих основних вузлів стрілочного переводу хрестовина з дитим сердечником працює в найбільш важких умовах, перед усім тому, що в межах сердечника порушена безперервність колійної нитки та колеса рухомого складу, які перекочуючись з вістря сердечника на вусову частину (або назад) створюють значні ударні та стираючі навантаження на малі контактні площадки сердечника та вусовиків в межах зони перекочування.

Крім того, на поверхні котіння хрестовини та сердечника є місцеві нерівності, в вигляді впадин чи синусоїдалні (мал. I.).



Траектория перекатывания по изношенным крестовинам:  
1-впадина одиночная; 2-впадина синусоидальная

Мал. I. Схема перекочування колесної пари по хрестовині

По мірі зносу глибина нерівностей збільшується, що підвищує динамічні тиски та контактні напруги. Внаслідок цього хрестовина інтенсивно зношується у зоні перекочування. Втрата геометричних розмірів тут, в початковий період експлуатації проходить, головним

чином, за рахунок зім'яття, а після придбання наклепа сталі - в результаті викришування, внаслідок контактної усталості і зіттертя, внаслідок виносу часток металу з поверхнею катіння.

В сталі ІЮГІЗЛ контактнo-усталісні руйнування ускладнюються тим, що вона має вже готові дефекти у вигляді багатьох пор і рихлостей, які створюються в процесі виготовлення відливок при кристалізації металу у формі, а також неметалеві включення, раковини, засори від формувальної суміші. Широкі та пористі границі зерен являються концентраторами всіляких неоднорідностей (мікропор, карбідів). Вказані дефекти служать концентраторами напруг від яких зароджуються і розвиваються тріщини усталості, призводячі до викришування металу на поверхнях катіння.

В теперішній час на Дніпропетровському і Новосибірському стрілочних заводах сердечники та хрестовини відливають в сухих ПГФ. Відносно високий тепловий опір такої форми негативно відбивається на структурі і властивостях сталі ІЮГІЗЛ. Форми виготовляються вручну з приміненнями пневмотрамбовок. Така технологія малопродуктивна і трудомістка. Нерівномірне ущільнення, низька міцність суміші і інші дефекти форми приводять до великого браку і низької якості відливок. На Муромському стрілочному заводі форми для відливки сердечників виготовляють з допомогою піскомету. Це підвищує продуктивність, поліпшує якість форми і відливок, механізує процес виготовлення форм. В той же час піскомет характеризується низькою експлуатаційною надійністю. "Вузким" місцем залишається процес сушки форми. Застосування піскомету не вирішує питання управління процесом кристалізації відливок у формі.

Отже, задача удосконалення технології відливок сердечників являється актуальною. Відповідно з метою роботи і на основі аналі-

зу літературних та патентних наукових джерел сформульовані основні завдання цих досліджень:

- дослідити вплив хімічного складу, механічних властивостей сталі ІЮГІЗЛ і технологічних факторів на працездатність литих сердечників та хрестовин стрілочних переводів;
- дослідити сучасні методи поліпшення якості сталі ІЮГІЗЛ. Установити найбільш ефективний метод поліпшення якості сталі та підвищення експлуатаційної стійкості сердечників і хрестовин стрілочних переводів;
- розробити методику прогнозування експлуатаційної стійкості сердечників при роботі в колії;
- дослідити вплив умов тепловідводу на структуру і властивості сталі ІЮГІЗЛ в зовнішньому шарі проб і в робочому шарі в зоні зносу сердечників хрестовин;
- розробити найбільш раціональну технологію відливки сердечників і хрестовин з метою підвищення довговічності цих конструкцій при роботі в колії під поїздами;
- дослідити параметри, розробленої технології в промислових умовах;
- дослідити характер і кінетику зносу сердечників, відлитих в облицьований кокіль в процесі експлуатації.

В другому розділі розглянуто питання довговічності литих сердечників і хрестовин у взаємозв'язку з якістю вихідного металу.

Відмічається, що підвищення строка служби сердечників і хрестовин можна добитись шляхом оптимізації їх геометричних параметрів, призводящих до зниження динамічних ефектів, або за рахунок поліпшення якості металу. Перший шлях практично вичерпав себе, так як геометрія плану і подовжного профілю хрестовин докладно і глибоко пророблена і тому не може більше дати істотного підвищення

строка служби цих відливок. Найбільш доцільним шляхом є поліпшення якості металу сердечників.

Дослідження виконані к.т.н. Р.З.Кацем, д.т.н.Б.І.Даніленко та іншими вченими дозволяє стверджувати, що працездатність хрестовин залежить від механічних властивостей вихідного металу, які з показниками його металургійної якості.

Установлено, що із збільшенням якіс-небудь із характеристик металу:  $\sigma_{в}$ ;  $\sigma_{0,2}$  чи сумарної характеристики пластичності  $\frac{\sigma + \psi}{2}$  спостерігається збільшення тривалості роботи хрестовин, вираженої тонажем пропущеного вантажу. Ця залежність виражена явно і суттєво (мал.2.).

В третьому розділі дано аналіз основних методів поліпшення якості сталі ІЮГІЗЛ і підвищення експлуатаційної стійкості в колії сердечників хрестовин стрілочних переводів. На основі цього аналізу установлені найбільш ефективні шляхи поліпшення якості сталі ІЮГІЗЛ і підвищення експлуатаційної стійкості сердечників хрестовин.

Питанням поліпшення якості сталі ІЮГІЗЛ і підвищення експлуатаційної стійкості сердечників хрестовин стрілочних переводів присвятили свої роботи багато дослідників: П.А.Гончаров, В.І.Власов, О.Ф.Комолова, М.В.Каракула, В.А.Шульте, Є.А.Шур, Р.З.Кац, Л.А.Логвинов, М.С. Міхеев, Є.І. Прякін, Е.І. Даніленко, Б.Б.Гуляев, Н.М.Аптекарь, М.І. Титаренко та інші.

Ці роботи включають в собі: питання оптимізації геометричних параметрів сердечників та хрестовин з метою зменшення динамічних ефектів і поліпшення параметрів взаємодії рухомого складу та колії, що в кінцевому результаті підвищує працездатність стрілочних переводів; розробку нових способів розкислення, модифікування та додаткове легування сталі, вибір оптимальної темпе-

ратури і засобу заливання металу в форму, удосконалення режиму термічної обробки відливок; удосконалення технології ливарної форми і розробку методів доексплуатаційного змінення поверхнею котіння сердечників.



Мал. 2. Вплив механічних властивостей вихідного металу на працездатність хрестовин стрілочних переводів:

- 1 - межа міцності; 2 - межа текучості;
- 3 - сумарна характеристика пластичності.

Відмічається, що якісна первинна структура і високі властивості литого металу, досягнені за рахунок сприятливих умов кристалізації в ливарній формі, визначають структуру і властивості сталі після термообробки, впливають на процес доексплуатаційного і експлуатаційного змінення металу, підвищує експлуатаційну стійкість сердечників і хрестовин. Незадовільна первинна структура металу може зменшити його якість, досягнену за допомогою будь-якого з вищезазначених методів.

Виконаний аналіз показав, що завдання поліпшення якості сталі ІГОРІЗЛ та підвищення довговічності сердечників хрестовин стрі-

лочних переводів необхідно вирішувати в першу чергу шляхом удосконалення технології ливарної форми. Застосування кокілей з перемінною товщою облицьовки являється одним з найбільш ефективних методів, дозволяючих управляти процесом кристалізації відливок в широкому діапазоні та поліпшити структуру і якість металу в робочому шарі сердечників.

В четвертому розділі викладені методичні аспекти запропонованої технології, подана характеристика об'єктів дослідження. Приводиться опис спеціальних методів і засобів дослідження. Одним з об'єктів дослідження була рідка самотвердіюча суміш (РСС), яку використовували в якості матеріалу для облицьовання кокілей.

Розроблена методика дослідження електронагріву РСС з метою прискорення процесу її твердіння. Метод полягає в тому, що РСС, замкнену між моделями і кокілем, включали в електричний ланцюг перемінного струму як опір. При проходженні струму в суміші виділяється "джоулеве" тепло, яке сприяє процесу її твердіння.

Розроблена методика дослідження впливу питомого тиску на суміш, величини зазору між моделями і кокілем та швидкості занурення моделі у суміш, на процес формування облицьовочного покриття. Встановлена залежність між цими параметрами. Вибраний оптимальний режим нанесення РСС на кокіль, забезпечувачий високу якість форми.

Другим об'єктом досліджень являлась сталь ІІОГІЗЛ (хімічний склад по ГОСТ 7370-86), яка служить матеріалом литих сердечників та хрестовин.

Досліджували метал стандартних і спеціальних проб, а також метал реальних відливок. Термічну обробку відливок і проб проводили по режиму, прийнятому у ливарному цеху ДСЗ для сердечників.

Для дослідження впливу різних теплових умов на формування структури і властивостей сталі ІІОГІЗЛ відливали проби спеціальної конструкції, поперечний перетин яких по формі і розмірам близький

до поперечного перетину вусовиків сердечника хрестовини типу Р65, I/II. Це наближає умови кристалізації проб до умов кристалізації сердечника у відповідному перетину.

П'ятий розділ присвячений питанню створення найбільш сприятливих умов кристалізації сердечників хрестовин у киварній формі. Це є однією з головних задач при розробці технології відливки сердечників хрестовин, так як вони визначають структуру і властивості литого металу у зоні зносу цих конструкцій і, в кінцевому підсумку, їх експлуатаційну стійкість.

В зв'язку з цим досліджували вплив різних теплових умов у ливарній формі на структуру і властивості сталі ІЮГІЗЛ у зовнішньому шарі проб.

Результати дослідження наведені в таблиці.

Таблиця

Вплив товщі шару суміші в облицьованому кокілї на властивості сталі ІЮГІЗЛ в зовнішньому шарі проб.

Товща шару: PCC, мм	Середня швидкість охолодження, град/с: в інтервалі температур 1620-870 К	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Властивості сталі	
			Ударна в'язкість до загартування, кДж/м <sup>2</sup>	Ударна в'язкість після загартування, МДж/м <sup>2</sup>
0	4,15	7873	455	3,8
5	2,7	7872	320	3,25
10	1,85	7849	225	2,7
15	0,92	7785	195	2,15
40	0,8	7772	95	1,95

Установлено, що при відливці проб в облицьованій кокіль, збільшення швидкості охолодження металу найбільш помітно при зменшенні товщі облицьовки від 10 мм до нуля. В результаті зростає щільність і ударна в'язкість сталі в зовнішньому шарі проб. При збільшенні товщі облицьовки більше 15 мм швидкість тепловідводу по-

чинає стабілізуватись і умови охолодження наближаються до умов охолодження в пісчано-глиняній формі, помітно знижується щільність і ударна в'язкість сталі.

Мікроструктура сталі після загартування, з підвищенням швидкості охолодження характеризується дрібнокристалічною будовою (бал зерна змінюється від I до 5), тонкими межами аустенітних зерен і відсутністю мікропор, що пов'язано з відсутністю великих карбідів в литому стані. Такі зміни в структурі пояснюють підвищення щільності і ударної в'язкості сталі. Зносостійкість, оцінена по втраті розмірів, зростає в 1,5 раза.

Для дослідження впливу товщі облицьовки на характер і швидкість поширення фронту кристалізації в будь-якому перетині сердечника і визначення параметрів двохшарової форми, забезпечуючих найбільш сприятливі теплові умови формування цих відливків, була розроблена фізико-математична модель теплового поля системи відливка-форма.

Фізична система відливка-форма розглядається як суцільне середовище з перемінними по координатам теплофізичними властивостями, залежними від температури. Вирішується плоска задача, так як в третьому напрямку вбачаємо систему нескінченно протягненою, що виправдовано великою довжиною виробу. Формально задача зводиться до рішення квазілінійного двомірного рівняння теплопровідності з перемінними коефіцієнтами:

$$c\rho \frac{du}{dt} = \frac{d}{dx_1} \left( \lambda \frac{du}{dx_1} \right) + \frac{d}{dx_2} \left( \lambda \frac{du}{dx_2} \right) \quad (1)$$

Точними методами таке рівняння не вирішується. Виходячи з аналізу експериментальних результатів, розгляду фізики процесу і апробації різних підходів до даної проблеми, вибраний інтегро-інтерполяційний метод теплового балансу всіх точок сітчастої моделі системи, одержана схема апроксимації похідної по часу і формули "наскрізного рахунку". Розроблена локально-одномірною схемою з послідовності

двох різних схем замість плоскої задачі.

По розробленні моделі складено алгоритм і програму розрахунку для сучасних ЕОМ. Математична модель та експериментальні дані, одержані при дослідженні металу проб, дозволили встановити, що найбільш сприятливі умови кристалізації сердечників забезпечує облицьований кокіль, що має товщу облицьовки в зоні зносу в межах 5-10 мм і 30 мм на інших ділянках форми. Перемінна товща облицьовки забезпечує інтенсивний направлений тепловідвод з поверхней котіння сердечників і необхідну податливість ливарної форми.

Шостий розділ присвячений технології відливки сердечників в кокіль, облицьований РСС. Приведені результати дослідно-промислової перевірки розробленої технології.

Аналіз сучасних прогресивних ливарних технологій показав, що поряд з достоїнствами вони мають деякі недоліки, які роблять недоцільним їх використання для відливання сердечників. Застосування облицьованих кокілей дозволяє комплексно вирішити питання підвищення якості сердечників та управління процесом кристалізації у формі. Дозволить знизити трудоемкість виробництва та собівартість цих відливок.

Однак, облицьований кокіль являє собою не універсальне оснащення, а параметри технології (включаючи метод нанесення облицьовки, її склад) регламентуються в вузьких межах для кожного конкретного типу відливок. Застосування для облицьовки кокілей РСС спрощує технологічне оснащення та засіб нанесення облицьовки. При цьому спрощується технологічне обладнання та підвищується надійність його роботи. В той же час тривалість затвердіння РСС складає 40-50 хвилин. Цей час визначає тривалість процесу виготовлення форм.

Розроблено метод прискорення затвердіння РСС шляхом електронагріву суміші безпосередньо в ливарній формі. Електронагрів сумі-

ші при щільності струму  $0,24-0,4 \text{ A/mm}^2$  дозволяє багатократно прискорити процес затвердіння суміші та скоротити час витримки моделі у формі до 5-7 хвилин при високій якості поверхні облицьовочного покриття.

Розроблено раціональний метод нанесення РСС на робочу поверхню кокілю шляхом заливки суміші у порожнину кокілю з наступним витісненням її в зазор, утворений кокілем та моделлю при зануренні останньої в суміш. Упори, змонтовані на підмодельній плиті, обмежують глибину занурення моделі. Величина зазору визначає товщину облицьовки. Важливою умовою розробленого методу являється те, що модель повинна занурюватись в суміш тільки за рахунок тиску, створеного власною масою та масою підмодельної плити. Це забезпечує автоматичне зниження швидкості занурвання моделі в випадку з'явлення надмірного тиску в об'ємі суміші. Встановлено, що питомий тиск на суміш при занурванні моделі повинен бути в межах  $0,08 - 0,12 \text{ МПа}$ . Із зменшення зазору його "пропускна здатність" зменшується та з'являється надмірний тиск в об'ємі суміші при якому пупири піни лопаються, суміш губить текучість. Зменшення швидкості занурвання моделі відновлює нормальні умови для її занурення в суміш.

Другою особливістю методу являється занурення моделі в суміш в два етапи, розділені паузою. На першому етапі модель зупиняли на відстані 5-7 мм від крайнього нижнього положення. В такому положенні вона знаходиться до втрати сумішав текучості. З нагрівом суміші тривалість паузи складає 1,5-2 хвилини. На другому етапі модель опускається до упорів і суміш, що втратила текучість, ущільнюється. В результаті підвищується міцність облицьовки і якість поверхні форми. Щільність суміші збільшується від  $1300$  до  $1500 \text{ кг/м}^3$ . При цьому зростають теплофізичні властивості суміші, що покращує умови кристалізації відливки.

Дослідно-промислові випробування технології проводили в ливарному цеху Дніпропетровського стрілочного заводу на спеціально утвореній ділянці. Ділянка обладнана установкою для виготовлення РСС, передаточним візком і формовочним маніпулятором. Ділянка обладнана двома комплектами кокілей для сердечників типу Р65, I/II і Р50, I/9, а також моделями цих сердечників.

З метою усунення пригару і підвищення якості поверхні відливок розроблений метод отримання протипригарного шару в облицьовочному покритті. Метод заключається в тому, що сухий протипригарний матеріал напильється на поверхню облицьовки під час паузи, потім при закурєнні моделі він вдавляється в суміш, яка при затвердіванні надійно його зв'язує. Другим шаром наносили цирконову фарбу. Заливання форм сталлю не виявили якихось особливостей, гази спокійно виходили по роз'єму; в'єтвори в стінках форми. Очищення кокілей від залишків суміші після витягнення відливки ускладнень не визивало. Тріщин і газових раковин експериментальні відливки не мали.

Дослідно-промислова перевірка розробленої технології показала можливість і доцільність її промислового застосування для відливки сердечників. Виконані дослідження впливу облицьованого кокілю на режим охолодження сердечника і властивості сталі ІІОГІЗЛ в його робочому слої. З цієї метою облицьований кокіль і пісчано-глиниста форма були залиті металом однієї плавки.

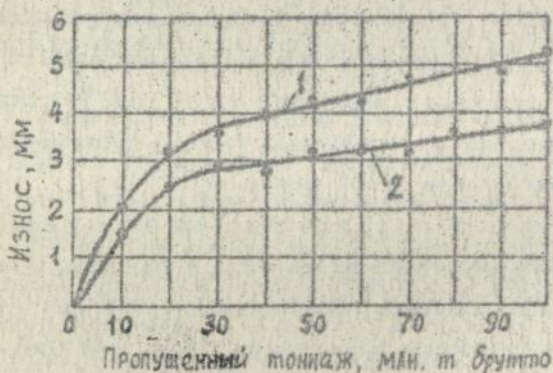
Установлено, що при відливці в облицьованій кокіль, середня швидкість охолодження сердечника збільшується в три рази. Щільність сталі в робочому шарі сердечника підвищується від 7784 до 7821 кг/м<sup>3</sup>, а ударна в'язкість зростає від 2,06 до 3,08 МДж/м<sup>2</sup>, роздрібнається мікроструктура.

В цьому розділі приведені результати експлуатаційних і полігонних випробувань експериментальної партії сердечників, відли-

тих в облицьований кокіль, приведена розроблена методика оцінки зносостійкості сталі ІЮГІЗЛ та прогнозування експлуатаційної стійкості сердечників.

П'ять хрестовин типу Р65, марки І/ІІ с сердечниками, відлитими в облицьований кокіль пройшли експлуатаційні випробування на найбільш вантажнонапружених ділянках Придніпровської з.д., дві хрестовини випробувані на Південно-Уральській з.д. і п'ять хрестовин з експериментальними сердечниками пройшли полігонні випробування на експериментальному кільці ВДІЗТ. Разом із спробними були випробувані хрестовини з сердечниками масового виробництва, спробні і контрольні сердечники заливали металом однієї плавки.

Експлуатаційні і полігонні випробування показали, що тонаж відказу хрестовин з експериментальними сердечниками вище тонажу відказу хрестовин з рядовими сердечниками в середньому на 15-20%. Особливістю експлуатаційної поведінки хрестовин з спробними сердечниками являється їх висока дефектостійкість. На мал.3 показані криві зносу спробного і рядового сердечників при експлуатації.



Мал. 3. Криві зносу сердечників при експлуатації:  
 1 - сердечник відлитий в ПРЗ;  
 2 - сердечник відлитий в облицьований кокіль.

Експлуатаційні випробування дозволяють найбільш точно оцінити строк служби виробів, але виробництво натурних випробувань потребує великих матеріальних витрат і тривалого часу.

На основі узагальнення даних натурних випробувань сердечників, лабораторних досліджень металу проб і результатів кореляційного аналізу запропонована критеріальна методика експлуатаційної стійкості сердечників, критерій стійкості чисельно дорівнює відношенню реального та мінімального коефіцієнтів зносостійкості

$$K_C = \frac{U}{U_{\min}} = \frac{B \cdot B_V \cdot \sqrt{A_n}}{443}, \text{ де (2)}$$

$B$  - коефіцієнт забрудненості сталі ІЮГІЗЛ в робочому шарі сердечників карбiдами і неметалевими включеннями;  $A_n$  - ударна в'язкість, МДж/м<sup>2</sup>;  $B_V$  - межа міцності, МПа;  $U_{\min}$  - мінімальний коефіцієнт зносостійкості сталі ІЮГІЗЛ, плавочний аналіз якої відповідає третій групі, відповідно ГОСТ 7370-86 при  $B=0,5$ .

Ефективність методики встановлена по результатах експлуатаційних випробувань відповідних контрольних сердечників.

В восьмому розділі дано аналіз техніко-економічних результатів роботи, приведений розрахунок очікуємої економічної ефективності застосування сердечників, відлитих в облицьований кокіль, на залізничних коліях і облицьованих кокілей в виробництві сердечників.

Оцінку економічної ефективності технології відливки сердечників в облицьований кокіль проводили з розрахунком слідуючих основних переваг:

- підвищення експлуатаційної стійкості хрестовин стрілочних переводів на 15-20%;
- покращення якості і зниження собівартості продукції.

Економічний ефект від підвищення строку служби хрестовин складає 9927,5 крб. на I хрестовину (в цінах 1992 р.).

Внутрішньозаводський очікуваний економічний ефект від застосування облицьованих коків лей на ДСЗ складе 1042,3 крб., на тону високомарганцевого литаа ( в цінах 1992 р.).

### Загальні висновки

1. Досліджена працездатність в коїї сердечників і хрестовин стрілочних переводів у взаємозв'язку з якістю вихідного металу. Встановлено, що з збільшенням якої-небудь з характеристик сталі ПЮГІЗЛ:

$\delta$ ;  $\delta_{0.2}$  або сумарної характеристики пластичності  $\frac{\delta + \psi}{2}$  підвищується тривалість роботи хрестовин, виражена в тонажі пропущеного вантажу.

2. Досліджені сучасні методи покращення якості сталі ПЮГІЗЛ та підвищення експлуатаційної стійкості сердечників хрестовин. Встановлено, що застосування коків лей з перемінною товщиною облицьовки являється найбільш ефективним методом покращення структури і властивостей сталі в робочому шарі сердечників хрестовин та підвищення їх експлуатаційної стійкості.

3. Методом кореляційного аналізу встановлено, що ударна в'язкість, межа міцності та чистота аустенітної структури являються факторами, визначаючими зносостійкість сталі ПЮГІЗЛ в умовах впливу ударних і стиральних навантажень. На цій основі розроблена критеріальна методика прогнозування експлуатаційної стійкості сердечників.

4. Досліджено вплив умов кристалізації в ливарній формі на структуру і властивості сталі ПЮГІЗЛ в зовнішньому шарі проб.

Установлено, що із зменшенням шару суміші у формі від 40 мм до нуля, середня швидкість тепловідводу збільшується біля, ніж в 4,5 разу. Мікроструктура сталі характеризується дрібнозернистою будовою, тонкими межами аустенітних зерен і відсутністю мікропор. Щільність сталі підвищується від 7772 кг/м<sup>3</sup> до 7870 кг/м<sup>3</sup>, а ударна в'язкість - від 1,95 до 3,8 МДж/м<sup>2</sup>. В результаті зносостійкість сталі, оцінена по втраті розмірів, зростає в 1,5 раза.

5. Розроблена математична модель теплового поля системи відливка-форма. Досліджено характер і швидкість поширення фронту кристалізації по перетину сердечника при різних умовах тепловідводу. Установлені параметри форми, забезпечуючі найбільш сприятливі умови кристалізації сердечників. На ділянках, оформлюючих поверхні котіння вістря і вусовиків сердечника в зоні зносу, товща облицювання повинна бути в межах 5-10 мм и 30-35 мм на інших ділянках форми.

6. Розроблена технологія відливання сердечників в кокіль, облицьований РСС. Установлено, що питомий тиск на суміш при нанесенні облицьовочного покриття на робочу поверхню кокіля повинен бути в межах 0,08-0,12 МПа. Перемінна товщина облицьовочного покриття забезпечує необхідну податливість форми і підвищений направлений тепловідвід з поверхней котіння вістря і вусовиків сердечника в зоні зносу.

В результаті метал в робочому шарі сердечників має щільну, дрібнокристалічну структуру (бал зерна № 4-5) з переважною сприятливою орієнтацією по відношенню до діючої сили, що сприяє зменшенню викривування на поверхнях котіння та підвищенню експлуатаційної стійкості сердечників.

7. Дослідно-промислова перевірка показала простоту і надійність розробленої технології та доцільність її промислового застосування для відливки сердечників хрестовин.

8. Експлуатаційними і полігонними дослідженнями встановлено, що тснаж відказу хрестовин з сердечниками, відлитими в облицьований кокіль в середньому на 15-20% вище тонажу відказу хрестовин з сердечниками серійного виробництва.

9. Розрахунковий економічний ефект від підвищення строку служби хрестовин при відливці сердечників в облицьований кокіль складе 9927,5 крб. на I хрестовину (в цінах 1992 р.) і 1042,3 крб. на тону високомарганцевого литва (в цінах 1992 р.) від зниження

собівартості та покращення якості продукції.

Основний зміст дисертації опублікований в таких роботах:

1. Смирнов Б.Н., Логвинов Л.А., Кругликов В.Я. Свойства стали ІЮГІЗЛ в сердечниках марки І/ІІ, типа Р65 при різних способах отливки / Труды ДИИТа, вып. І5І. Днепропетровск, 1975, С. І45.
2. Логвинов Л.А., Смирнов Б.Н. Поточная линия по изготовлению облицованных кокилей / Труды ДИИТа, вып. І5І, Днепропетровск, 1975, С. І45.
3. Смирнов Б.Н., Бобылев В.П., Поканджк Г.Я., Сиволоп Т.Л. Износостойкость стрелочных переводов: анализ, управление, прогнозирование // Вопросы взаимодействия пути и подвижного состава: Межвуз. сб. науч. тр. / ДИИТ, Днепропетровск, 1994, С. І08-ІІ3.
4. А.С. №566672 (СССР). МКИ В22С. Способ изготовления литейной формы / Смирнов Б.Н. и др. Опубл. в Б.И. 1977, №28.
5. А.С. №1470441 (СССР). МКИ В22С. Литейная форма для отливки сердечника железнодорожной крестовины / Смирнов Б.Н. и др. Опубл. в Б.И., 1989, №3.
6. А.С. №1608013 (СССР). МКИ В22С. Способ изготовления литейной формы / Смирнов Б.Н. Опубл. в Б.И. 1990, №43.
7. Смирнов Б.Н., Рудницкий Л.С., Сошенко А.В. Способ изготовления литейной формы. Решение о выдаче А.С. СССР по заявке №4905100/02, от 4 января 1992 г.
8. Смирнов Б.Н., Логвинов Л.А. и др. Режим электронагрева жидких самотвердеющих смесей / Деп. в ЦНИИТЭИ. Опубл. ВНИИТИ. 1991, №10.
9. Смирнов Б.Н., Логвинов Л.А., Рудницкий Л.С., Сошенко А.В. Теплофизические свойства жидких самотвердеющих смесей / Деп. в ЦНИИТЭИ. Опубл. ВНИИТИ. 1991, №10, С.1.
10. Смирнов Б.Н., Бобылев В.П. Решение экологических и ресурсосберегающих проблем при производстве отливок для железнодорожного

транспорта//Теория и практика решения экологических проблем в горнодобывающей и металлургической промышленности: Теа. докл. на Воеукраинской научно-практической конференции. Днепропетровск, 1993. С.61-72.

Smirnov B.N. Rise of quality and longterm of cores and frog's switch assemblies by the way of technology improvement theirs production. Dissertation on academic degree candidate of technical science according to speciality 05.22.06 - railway and 05.16.04 - foundry, Dnepropetrovsk state technical university railway transport, Dnepropetrovsk, 1995.

6 science works and 5 inventions are defended, were analyze rize of quality and longterm of cores founding and frog's switch assemblies, made by steel 110G13L.

It has established, that application metall forms with various layer of cover, made by sand for cores foundly let's to improve quality of founding. Explotational steading of cores is rise on 15 - 20 % (per sents).

Смирнов Б.Н. Повышение качества и долговечности сердечников и крестовин стрелочных переводов путем совершенствования технологии их производства.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.22.06 - Железнодорожный путь и 05.16.04 - Литейное производство, Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта, Днепропетровск 1995.

Защищается 6 научных работ и 5 авторских свидетельств, которые содержат вопросы повышения качества и долговечности литых сердечников и крестовин железнодорожных стрелочных переводов из стали

ІНОГІЗЛ.

АВ 32.068

Установлено, что применение для отливок сердечников толщиной переменной толщиной облицовки позволит улучшить структуру и свойства стали в рабочем слое сердечников, повысить качество отливок. Эксплуатационная стойкость сердечников повышается на 15-20%.

Ключові слова:

Сердечники хрестовин, якість, довговічність, технологія виробництва.

СМИРНОВ БОРИС НИКОЛАЙОВИЧ

Підвищення якості і довговічності сердечників та хрестовин стрілочних переводів шляхом удосконалення технології їх виробництва

05.22.06 - Залізнична колія

05.16.04 - Ливарне виробництво

Підписано до друку 27.02.95. Формат 60x84 1/16. Папір для розмножувальних апаратів. Друк офсетний. Ум. друк. арх. 1,2 Обл.-вил. арк. 1,0. Зам. 137. Тираж 90 примірників. Безкоштовно.

Адреса дільниці оперативної поліграфії  
320700, Дніпропетровськ, вул. Акад. В.А. Лазаряна, 2