**Смирнов Євген Миколайович. Розвиток наукових основ підвищення якості сортового прокату з безперервнолитої сталі і вдосконалення технології виробництва : Дис... д-ра наук: 05.03.05 – 2009**

|  |  |
| --- | --- |
|

|  |
| --- |
| **Смирнов Є.М. “Розвиток наукових основ підвищення якості сортового прокату з безперервнолитої сталі і вдосконалення технології виробництва ”. - Рукопис.**Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 - “Процеси та машини обробки тиском”. - Державний вищий навчальний заклад “Донецький національний технічний університет”, Донецьк, 2009.Наведено рішення важливої науково-технічної проблеми удосконалення тех-нології виробництва і підвищення якості сортового прокату з безперервнолитої сталі для вугледобувної ґалузі, вугільного машинобудування, суднобудування і вагонобудування до рівня кращих зарубіжних аналогів на базі розвитку і практичної реалізації елементів багаторівневого технологічного забезпечення управління якістю металовиробів у системі “Сталь - Прокат - Металопродукція”.Отримали подальший розвиток методологічні основи інноваційного проектування технології виробництва і модель технологічного забезпечення якості металопрокату з безперервнолитої сталі, які дозволили обґрунтувати нову вертикально-інтегровану схему виробництва великосортного прокату ґалузевого призначення стосовно до умов сучасних металургійних холдингів.Вперше розроблені методи моделювання і проведення експериментальних досліджень процесу деформування безперервнолитих блюмів на стадії неповної кристалізації, які завдяки використанню математичних і універсальних фізичних моделей підтверджують можливість управління процесом в напрямку досягнення максимальної ефективності з одночасним створенням сприятливого для якості металу НДС.Результати роботи знайшли використання на металургійних підприємствах при удосконаленні технології виробництва великосортних профілів для вищезазначених ґалузей промисловості, в роботі проектних установ України, а також у навчальному процесі вузів. |

 |
|

|  |
| --- |
| *У дисертації вирішена важлива науково-технічна проблема вдосконалення технології виробництва і підвищення якості сортового прокату з безперервнолитої сталі для вугледобувної ґалузі, вугільного машинобудування, суднобудування і вагонобудування до рівня кращих закордонних аналогів на основі розвитку і практичної реалізації елементів багаторівневого технологічного забезпечення управління якістю металовиробів у системі „Сталь - Прокат - Металопродукція”.** 1. Огляд літературних джерел показав, що в умовах сучасних металургійних холдингів виникає можливість інтегрування окремих інноваційних технологічних елементів у межах знову створюваних систем „Сталь - Прокат - Металопродукція”. Практична реалізація такого підходу дозволяє, з одного боку, створити передумови для підвищення якості металовиробів на всіх рівнях нової технологічної системи „Сталь - Прокат - Металопродукція” через розширення спектра використовуваних технологічних механізмів управління, що базуються, у тому числі, і на принципах обробки металів тиском, а з іншого боку - вимагає вирішення актуальної проблеми вдосконалення технології виробництва на основі комплексних досліджень і розробок, починаючи з виплавки сталі і закінчуючи виробництвом переробної заготовки і металопрокату із заданим високим рівнем споживчих та експлуатаційних властивостей.
	2. На основі подальшого розвитку методологічного підходу інноваційного проектування інтегрованих технологій виробництва сортового прокату з безпе-рервнолитої сталі, який базується на сучасному погляді на якість як на процес, розроблені: модель операційного подання процесу в системі „Сталь - Прокат - Металопродукція”, що має вигляд розділеної на секції спіралі перемінного перерізу, кожний виток якої відповідає одному з елементів рівня технологічних зв’язків, а секція - окремій операції; модель технологічного забезпечення управління якістю, у вигляді ієрархічної багаторівневої системи; інформаційна система аналізу інтегрованих технологій. Показано, що такий підхід є основою еволюційного розвитку металургійних підприємств на сучасному етапі.
	3. Стосовно до умов українських металургійних холдингів, які розвиваються, здійснений вибір підприємств і подане наукове обґрунтування інтегрування їх інноваційних переробок у нову технологічну систему „Сталь - Прокат - Металопродукція” виробництва довгомірного великосортного прокату для вугледобувної ґалузі, вугільного машинобудування, суднобудування і вагонобудування.*Рівень технологічних зв’язків “Сталь”*: виплавка у великовантажних кисневих конвертерах; позапічна обробка і розкиснення комплексними феросплавами; розливання безперервним способом; виробництво переробної заготовки з безперервнолитої сталі - ВАТ “Дніпровський металургійний комбінат ім. Ф.Дзержинського”. *Рівень технологічних зв’язків “Прокат”*: контрольована прокатка великосортних профілів ґалузевого призначення - ВАТ “Краматорський металургійний завод ім. В. Куйбишева”. *Рівень технологічних зв’язків “Металопродукція”*: термічна обробка металовиробів з окремого нагрівання - ВАТ “Енергомашспецсталь”.
	4. У межах реалізованої нової інтегрованої технологічної системи “Сталь - Прокат - Металопродукція” на прикладі виробництва переробної заготовки з низьколегованої сталі для суднобудування А32 і Д32 виконаний комплекс промислових досліджень, який дозволив обґрунтувати основний варіант технологічної схеми, заснований на процесі переробки безперервнолитих блюмів із розмірами 335х400мм у менші перерізи. Показано, що економія матеріальних ресурсів при цьому складає не менше, ніж 15%. Підтверджено досягнення рівня якості кращих закордонних аналогів через сертифікацію технологічної схеми виробництва провідними Класифікаційними товариствами.
	5. Запропонований метод прогнозування фізико-геометричного і напружено-деформованого станів безперервнолитих блюмів на стадії „Контрольоване вторинне охолодження”. Для його реалізації розроблені математичні моделі, які реалізовано в програмному комплексі ANSYS. Виконані розрахункові дослідження стосовно до умов процесу безперервного розливання блюма перерізом 335х400 мм на ВАТ “ДМКД” щодо уточнення впливу хімічного складу сталі, параметрів процесу лиття і зовнішнього деформаційного впливу на його результуючий фізико-геометричний і напружено-деформований стан під час пружно-пластичного де-формування на стадії неповної кристалізації. Встановлено, що на внутрішній границі закристалізованої складової безперервнолитого блюма з низьколегованих сталей величина разового обтиснення ei не повинна перевищувати 0,5%.

Обґрунтований варіант конструктивного оформлення блока клітей для редукування і його позиціювання у технологічній лінії МБЛЗ. Показано, що він дозволив охопити не менше, ніж 95% марочного сортаменту сталей, що розливаються, і забезпечив широкий діапазон можливостей управління якістю безперервнолитих блюмів через реалізацію режимів деформування за 3-5 проходів при вмісті твердої фази в осьовій рідко-твердій складовій у межах: 30**…**70% - у сталі із вмістом С < 0,35%; 38**…**68% - у сталі із вмістом вуглецю в межах 0,35% С < 0,50%; 43**…**70% - у сталі із вмістом С 0,50%.* + 1. Розроблено новий спосіб (патент України № 77283) фізичного моделювання процесу пророблення структури у безперервнолитих зливках під час пластичної деформації. Його переваги полягають в урахуванні впливу стану початкової осьової пористості металу, яка визначається кількістю, формою і розмірами окремих складових. Спосіб передбачає реєстрацію динаміки поведінки осьової пористості в процесі прокатки залежно від змін питомого опору деформованої частини фізичної моделі. Вперше експериментально встановлено взаємооднозначну відповідність між залежностями осьової пористості безперервнолитих зливків і питомого електроопору металу від величини сумарної витяжки, які носять експоненційний характер із вираженою границею насичення, для досягнення якої необхідна все більша сумарна витяжка при більшій її початковій розвинутості.
		2. Вперше в лабораторних умовах із використанням нового способу (патент України № 77236) фізичного моделювання процесу деформування безпе-рервнолитих зливків у рідко-твердому стані встановлено вплив керуючих факторів АF, q і e на закономірності підсумкової формозміни та ефективність процесу *К еф*., а також вивчена динаміка формування напружено-деформованого стану металу на різних ділянках їх бічних граней. Уточнене відтворення у моделі теплового стану натурного блюма, що кристалізується, дозволило підтвердити, що збільшення температурного градієнта у закристалізованій складовій обумовлює характер течії металу в осередку деформації, властивий процесу прокатки особливо високих штаб, а також розширити уявлення про механізм підживлення осьових пустот рідким металом під дією пластичної деформації. Показано, що найвища ефективність процесу *Кеф.*=10,5% досягається під час деформування фізичних моделей, які мають рівень значень факторів АF» 0,1 і q»0,3, а порушення суцільності на зовнішній границі закристалізованої складової можливі у кутових шарах лише на пізніх стадіях реалізації процесу (АF=0,082) при e=0,08 і q=0,254, а у проміжних шарах - у всьому інтервалі значень фактора АFі q при e=0,025**…**0,055. Ці результати дозволяють сформувати технологу сукупність науково-обґрунтованих вимог до параметрів процесу деформування безперервнолитих блюмів, який проектується, на стадії неповної кристалізації.
		3. Розроблені рекомендації щодо вибору схеми деформування і форми прямокутних калібрів для забезпечення бездефектної прокатки сортових безперервнолитих заготовок у перших обтискних клітях сортового стана з урахуванням комплексу технологічних факторів, які дозволяють управляти характером розподілу і знаком напружень на вільній від взаємодії зі стінками прямокутного калібру поверхні заготовки через зміни схеми силової взаємодії в системі „валок - штаба”. Результати виконаних досліджень стали основою для створення нового способу виробництва прокату з безперервнолитого металу (патент України №75832), реалізованого у промисловому масштабі на середньосортному стані 330 ВАТ “КМЗ ім. В. Куйбишева.
		4. Отримали подальший розвиток положення експериментальних методів механіки твердих тіл, які деформуються, шляхом удосконалення підходу до визначення характеристик кінематичних і статичних параметрів процесу, а також напружено-деформованого стану у вертикально-поздовжній площині симетрії під час пружнопластичного деформування, які дозволяють підвищити точність і вірогідність підсумкових результатів, а також не менше, ніж у 2 рази, скоротити обсяг вимірів, що проводяться. Поставлення завдання і його реалізація спростились, зменшився обсяг і час обчислювальних операцій при одночасному зниженні рівня похибки.
		5. Вперше шляхом прямих експериментів отримані кількісні значення кінематичних і статичних параметрів процесу деформування безперервнолитих блюмів на стадії неповної кристалізації. Здійснена якісна оцінка напруженого стану, який формується, на комбінованих фізичних моделях (свинець + сплав Вуда) у термінах експериментальних методів механіки твердих деформованих тіл. Установлено, що спостерігається локалізація деформаційних процесів у шарах, розташованих від поверхні на відстані не більш, ніж hi/(0,5Hбл)=0,358 і , як наслідок, знижується вплив зсувних деформацій *еху* на процес руйнування осьових закристалізованих перемичок. Виявлено причину виникнення порушень суцільності у твердому каркасі блюма при ранньому прикладанні зовнішнього деформаційного впливу, яка полягає в інтенсифікації поздовжніх деформацій *ехх* підповерхневих шарів hi/(0,5Hбл)=0,239. Винайдені закономірності стали основою для створення нового способу (патент України №75537) обтиснення безперервнолитих блюмів і заготовок у рідко-твердому стані , під час реалізації якого досягається підвищення однорідності деформації та ефективності опрацювання осьової пористості і ліквації шляхом послідовного двостадійного обтиснення металу профільованими валками.
			1. Реалізація у промислових умовах інноваційних технологічних елементів управління якістю металопрокату і виробів із нього, виконана в межах інтегрованих технологічних систем „Сталь - Прокат - Металопродукція”, дозволила підвищити конкурентоспроможність середньосортного прокату загального призначення і великосортного прокату для вугледобувної ґалузі, вугільного машинобудування, суднобудування і вагонобудування. Зазначений результат забезпечений сукупністю позитивних ефектів: зниженням матеріальних витрат виробництва, зменшенням кількості поверхневих дефектів на прокаті, покращенням макро- і мікроструктури металу і, як наслідок, підвищенням стабільності комплексу механічних властивостей прокату і виробів із нього.

Сумарний обсяг металопрокату, вироблений із використанням розроблених у дисертаційній роботі нових технічних рішень і технологій, у 2000-2006 роках склав 41740 тонн, а фактичний економічний ефект - 3394313 гривень. Внесок автора - 1480696,6 гривень. |

 |