**Єршов Сергій Володимирович. Розвиток теорії напружено-деформованого стану металу при прокатуванні крупних круглих профілів зі зниженим тріщиностворенням у системах сор-тових калібрів : Дис... д-ра наук: 05.03.05 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Єршов С.В. Розвиток теорії напружено-деформованого стану металу при прокатуванні крупних круглих профілів зі зниженим тріщиностворенням у системах сортових калібрів. - Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 - Процеси та машини обробки тиском. - Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ, 2008.  Дисертація присвячена розробці нових підходів до розробки методів розрахунку процесів прокатки в калібрах з використанням основних положень теорії пластичності й варіаційних принципів механіки суцільних середовищ. Дані методи дозволяють виконувати достовірне прогнозування напружено-деформованого стану металу при прокатці в умовах значної нерівномірності деформації по ширині й висоті осередків деформування. При цьому існує можливість моделювання плину металу з його гарантованою нестисливістю.  Проведено комплекс експериментальних досліджень, які уточнюють вплив умов тертя на контакті й температури прокату на плин металу в умовах нерівномірної деформації. Визначено границі застосовності існуючих способів врахування контактних умов при сортовому прокатуванні профілів.  Виконано аналіз різних підходів до введення в математичні моделі механічних властивостей матеріалу, що обробляється, й різних видів варіаційних функціоналів на точність визначення параметрів плину металу в калібрах з різним ступенем нерівномірності деформації. Визначено кращі способи вирішення деформаційних задач, які забезпечують високу точність визначення інтегральних показників процесу прокатування профілів у калібрах.  Проведено дослідження напружено-деформованого стану для широкого сортаменту крупних сортових профілів в умовах спільного впливу на нерівномірний плин металу, форми калібру, геометрії вихідних заготовок і нерівномірності температурних полів профілю, які спостерігаються на практиці. Визначено закономірності формування напружено-деформованого стану профілю в усіх ділянках складних осередків деформації, включаючи й позаконтактні зони. Встановлено технологічні фактори, які є причиною руйнування поверхневого шару прокату.  Результати роботи знайшли застосування при вдосконаленні технології виробництва крупних круглих профілів, а також у навчальному процесі вузів і дослідницькій практиці наукових організацій України. | |
| |  | | --- | | В дисертації виконано нові науково-обґрунтовані розробки в області процесів прокатки крупних профілів у калібрах, які забезпечують вирішення важливої науково-прикладної проблеми: вивчення закономірностей плину металу й розвиток теорії напружено-деформованого стану при прокатуванні крупних профілів у калібрах, а також розвиток методів розрахунку параметрів напружено-деформованого стану при прокатуванні в калібрах для визначення параметрів технологічного процесу, що забезпечує випуск продукції зі зниженим тріщиноутворенням і можливістю розробки науково-обґрунтованих схем деформації.  1. Аналіз літературних джерел показав, що вдосконалювання методів розрахунку плину металу й напружень у калібрах для вивчення теорії напружено-деформованого стану, при прокатуванні великих профілів у калібрах і зниження тріщино утворення, – є актуальним.  2. Розроблено новий підхід до побудови методів розрахунку для визначення напружено-деформованого стану металу при прокатці сортових профілів на основі гібридної техніки. Дана техніка заснована на використанні кращих сторін способу побудови поля швидкостей з використанням методу Ритца й кращих сторін способу побудови поля швидкостей з використанням методу скінченних елементів. Це дозволило за допомогою математичних викладень забезпечити нестисливість поля швидкостей у повному об’ємі скінченного елемента призматичної форми із чотирикутною основою. Для реалізації цього підходу створено всі необхідні алгоритми й засноване на них програмне забезпечення. Виконано порівняння результатів розрахунку формозміни в різних калібрах з експериментальними даними. У порівнянні зі звичайним методом штрафних функцій, точність розрахунку формозміни збільшилася у деяких випадках на 67 %. Це підтвердило хорошу працездатність запропонованого підходу.  3. Розроблено новий метод розрахунку параметрів процесу прокатки на основі побудови полів швидкостей скінченних елементів зі спільним використанням інтерполяційних поліномів Лагранжа й Ерміта для забезпечення нестисливості полів швидкостей у вузлах і на гранях елемента. Створено правила конструювання спеціальних функцій форми скінченних елементів і правила вирішення прикладних задач прокатного виробництва з використанням розробленого підходу. У порівнянні зі звичайним методом штрафних функцій, точність розрахунку формозміни в деяких випадках збільшилася на 30 %. Достовірність розрахункових даних, отриманих з використанням цього методу, підтверджена їхнім порівнянням з результатами експериментальних досліджень.  4. Виконано комплекс експериментальних досліджень по уточненню впливу контактного тертя й температури розкату на плин металу в калібрах. Показано, що вплив температури прокатки на плин металу приблизно в 4 - 6 разів слабший, ніж вплив обтиснення. Вплив контактного тертя на плин металу в 6 - 9 разів слабший, ніж вплив обтиснення. Основну роль у мінливості цих параметрів, у даних випадках, грає нерівномірність деформації. При зменшенні нерівномірності деформації роль контактного тертя зростає. Достовірність отриманих даних підтверджується статистичною перевіркою значимості.  5. Виконано комплекс теоретичних досліджень тривимірного напружено-деформованого стану при прокатуванні крупних профілів у фасонних калібрах при різних схемах нерівномірного розподілу температури по перерізу, різних режимах обтиснення й конструкціях калібрів. Встановлено значне розходження схем плину металу по довжині реального осередку деформації. Показано вплив на цей процес позаконтактної деформації перед входом у калібр і після виходу з нього. Обґрунтовано недостатність оцінки напружено-деформованого стану тільки в одному перерізі осередку деформації, тому що це може привести до неможливості визначення причин утворення тріщин на поверхні прокатуваних штаб. Використання цих результатів дозволяє проектувати форму робочого інструмента із запропонованим проектувальником плином металу й напруженим станом.  6. Виявлено закономірності, що приводять до утворення тріщин в умовах прокатування високих штаб у калібрах, показано причини нестійкої поведінки розкатів у калібрах при різних видах практично можливих температурних полів. Визначено особливості впливу тонкого, нерівномірно прогрітого поверхневого шару розкату на процеси, які відбуваються в осередку деформації. Встановлено особливості заповнення калібрів при прокатці заготовок із нерівномірними температурними полями. Ці результати дозволяють сформувати технологові науково-обгрунтований комплекс вимог до параметрів нагрівання вихідних заготовок.  7. Теоретично досліджено вплив нерівномірності розподілу швидкостей у осередку деформації при прокатці високих штаб у калібрах на процеси, що відбуваються після виходу штаби з валків. Встановлено причини виникнення негативного випередження й значних величин розтягу вальних напружень при прокатуванні високих штаб у калібрах. Визначено умови, при яких можливе виникнення даних явищ. Це дозволяє проектувати схеми деформації при прокатці крупних профілів у калібрах з виключенням або пом’якшенням несприятливих для якості прокату схем напруженого стану.  8. Розроблено рекомендації з вибору виду режиму деформації для забезпечення бездефектної прокатки крупних профілів у калібрах з урахуванням комплексу технологічних факторів, що впливають на плин металу в осередку деформації й зовнішніх зонах.  9. Використання результатів роботи в промисловості дозволило скоротити в деяких випадках кількість поверхневих тріщин на величину до 2,2 рази (з 25,7 % до 11,8 %) й здійснити економію енерговитрат на деформацію на величину до 30 %. Результати роботи знайшли застосування в навчальному процесі й дослідницькій практиці навчальних, а також дослідницьких організацій. | |