**Прокоф'єва Оксана Вікторівна. Вдосконалення методів розрахунку і проектування процесу гвинтової екструзії : Дис... канд. наук: 05.03.05 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Прокоф’єва О.В. Вдосконалення методів розрахунку і проектування процесу гвинтової екструзії. – Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском. – Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», Донецьк, 2008.  Розв’язана актуальна науково-технічна задача вдосконалення методів розрахунку і проектування процесу гвинтової екструзії (ГЕ) на основі дослідження напружено-деформованого стану заготовки і розвитку моделі процесів формування структури та властивостей металів при зазначеній обробці.  При ГЕ виявлені активні ділянки поверхні контакту заготовки з матрицею. Показано, що перетікання металу в межах поперечного перерізу заготовки може бути описане перетворенням простого зсуву із одночасним поворотом, пропорційним куту зсуву. На цій основі вдосконалено експериментально-розрахунковий метод, завдяки чому він став придатним при проектуванні ГЕ. Розвинуто модель процесів формування структури і властивостей матеріалу при ГЕ. Вдосконалено метод проектування процесу шляхом застосування об'єктно-орієнтованого підходу та розроблено 4 проектні операції.  Результати роботи використано при розробці технологічної схеми виготовлення титанового дроту із застосуванням ГЕ, та для обґрунтування зменшення висоти гвинтової ділянки матриць для обробки вторинних алюмінієвих сплавів. | |
| |  | | --- | | В дисертації вирішена актуальна науково-технічна задача **вдосконалення методів розрахунку і проектування процесу гвинтової екструзії на основі дослідження напружено-деформованого стану заготовки та розвитку моделі процесів формування структури та властивостей металів при зазначеній обробці.**  Основні наукові положення і практичні результати роботи полягають у наступному.   1. Виконано аналіз сучасного етапу розвитку процесів ІПД. Встановлено, що в даний час по всьому світі ці процеси знаходяться на етапі лабораторних досліджень і дослідних розробок, що стримує промислове впровадження отримуваних СМК матеріалів , незважаючи на різноманіття їх потенційних ринків. ГЕ займає міцні позиції серед основних методів ІПД. Для її розвитку необхідно вдосконалення методів розрахунку і проектування процесу. Актуальними є задачі оперативного аналізу деформованого і напруженого стану заготовки; дослідження впливу геометричних параметрів інструменту на розподіл потоків деформованого матеріалу; прогнозування характеристик структури матеріалу і його механічних властивостей; вдосконалення методів проектування процесу ГЕ. 2. Отримали подальший розвиток уявлення про структуру осередку деформації при ГЕ: виявлені активні ділянки поверхні контакту заготовки з матрицею, які характеризуються найбільш високим контактним тиском і створюють обертальний момент, що деформує заготовку. Відносна площа і розподіл активних ділянок за периметром каналу матриці чинять істотний вплив на плин металу при ГЕ. Зокрема, їх більш рівномірний розподіл призводить до зниження контактного тиску та інтенсифікації зсувів на початку і кінці геометричного осередку деформації, а нерівномірний – підвищує контактний тиск та інтенсифікує перетікання металу в межах осередку. На цій основі розроблена проектна операція **CS «**Визначення форми профілю гвинтового каналу». 3. Отримане рівняння, розв'язання якого є необхідна висота гвинтової ділянки каналу матриці. Воно базується на припущенні, що весь переріз заготовки переходить до пластичного стану, коли обертаючий момент досягає свого критичного значення. Матриці з недостатньо високою гвинтовою ділянкою приводять до слабкого пророблювання структури, а матриці з надмірно великою гвинтовою ділянкою – до завищених значень тиску екструзії за рахунок збільшеної поверхні тертя, що знижує стійкість інструменту. Цей результат був покладений в основу проектної операції **DH «**Визначення висоти гвинтового каналу». Розрахунок показав, що висота гвинтової ділянки, яку до теперішнього моменту мали матриці, є завищеною на 23.5% і може бути зменшена. 4. Вперше показано, що виявлене раніше експериментально перетікання металу в межах поперечного перерізу заготовки при ГЕ, з достатньо високим ступенем точності описується перетворенням простого зсуву, сумісного з одночасним поворотом, пропорційним куту зсуву. Виявлена закономірність дозволила удосконалити експериментально-розрахунковий метод дослідження плину металу при ГЕ, внаслідок чого він став придатним при проектуванні цього процесу. Запропонований метод оперативного аналізу був протестований шляхом обробки результатів одного і того ж експерименту з виявлення ліній току при ГЕ. Розбіжність результатів, отриманих двома методами, щодо величини швидкості деформації, не перевищила 5%. 5. Дослідження щодо впливу профілю перерізу гвинтової матриці на пластичний плин металу, виконані за допомогою метода оперативного аналізу, підтвердили прогнозоване теоретично припущення про підвищене перетікання матеріалу у разі профілю, що використовується в даний час, у порівнянні з прямокутним профілем перерізу. Аналіз кривих зміни еквівалентної деформації уздовж ліній току виявив відмітний характер накопичення деформації для різних областей перерізу. Експериментальні і розрахункові дані з ліній току, отримані оперативним методом, застосовані для «настройки» кінцево-елементних розрахунків ГЕ з використанням програмного комплексу LS-DYNA. Застосування уточненого МКЕ-пакету дозволяє отримувати більш коректний опис ГЕ, у порівнянні із стандартними пакетами. 6. Розроблено і застосовано методику розрахунку напруженого стану матеріалу при ГЕ за деформованим станом, визначеним за допомогою методу оперативного аналізу. Показано, що найбільш високий гідростатичний тиск спостерігається поблизу активних ділянок матриці. При просуванні заготовки углиб каналу, тиск розподіляється за перерізом більш рівномірно, проте положення максимумів зберігається. Розроблені методики визначення напруженого і деформованого стану при ГЕ дозволили сформувати відповідну проектну операцію **3S «**Визначення напружено-деформованого стану заготовки». 7. Отримала подальший розвиток математична модель процесів фрагментації і руйнування металів при ІПД шляхом урахування того факту, що НДС матеріальних часток змінюється при їх русі уздовж ліній току. Модель дозволила встановити залежність структурних і механічних характеристик металу від параметрів ГЕ. Показано якісну і кількісну відповідність прогнозу за моделлю даним експерименту, зокрема, погрішність у визначенні напруги плину для міді М1 не перевищує 14%. Прогнозоване підвищення пластичних характеристик титану, починаючи з 2 проходу ГЕ, узгоджується з експериментальними результатами з показника y (відносне звуження в шийці при розриві). Розроблені модельні уявлення дозволили сформувати проектну операцію DR «Визначення режиму деформації», яка спирається на дані, отримані в наслідок роботи всіх попередніх проектних операцій. 8. Результати моделювання показали, що при ГЕ можуть бути реалізовані різні маршрути, які відрізняються впливом на структуру і властивості металів. Теоретично показано, що застосування переміжних гвинтових матриць різнойменної орієнтації знижує розмір фрагментів і підвищує міцностні характеристики металів у порівнянні з маршрутом ГЕ через матриці однойменної орієнтації, при одному і тому ж сумарному числі проходів. В рамках моделі це пояснюється збільшенням амплітуди простого зсуву в поперечній площині при ГЕ. Даний висновок підтверджений в експерименті, зокрема, застосування маршруту з переміжними різнойменними матрицями, при загальному числі проходів ГЕ рівному 6, дозволяє знизити середній розмір фрагментів сплаву Al-3Mg-0.3Sc-0.10Zn з 0,46мкм до 0,33мкм і підвищити його границю плинності з 308МПа до 324МПа. Для сплаву ВТ1-0 границя плинності збільшується з 600МПа до 680МПа. При використанні гвинтових матриць однойменної орієнтації, рекомендується періодична зміна напряму подачі заготовки в канал матриці для вирівнювання структури і властивостей заготовки за перерізом. 9. Проведення ГЕ з протитиском дозволяє підвищити міцностні характеристики матеріалу й відновити його пластичні властивості (наприклад, згідно розрахункам, для міді М1 підвищення протитиску до величини порядку приводить до збільшення до 10% одночасно зі зниженням на 83%). Проте, збільшення протитиску супроводжується зростанням силового навантаження на інструмент, тому його конкретна величина визначається на основі багатокритеріальної оптимізації в діалоговому режимі проектування. 10. Зіставлення п'яти можливих профілів перерізу гвинтового каналу матриці показало, що для формування в матеріалі СМК структур найбільш переважні характеристики має профіль перерізу каналу №5 у вигляді прямокутника з округленими кутами. За відсутності виражених концентраторів напруги йому відповідає мінімальна висота гвинтового каналу (8мм), якнайкраще розкриття поверхні заготовки (= 20.3%) і значна частка площі активних областей поверхні матриці (= 0.48). Цей результат дозволив уточнити проектну операцію CS. Встановлено, що найбільш переважне співвідношення між більшою та меншою сторонами профілю складає: 1.5 – 1.6. 11. Згідно проведеному розрахунку для гвинтових матриць з поперечними розмірами 50х80мм, які застосовуються при пластифікуючій обробці вторинних алюмінієвих сплавів, висота гвинтової ділянки може бути зменшена на 22.5%, при збереженні якості продукції. Це дозволить понизити витрати на виробництво матриць, як завдяки зниженню їх собівартості, так і за рахунок підвищення стійкості. Рекомендації з проектування та програмні засоби для розрахунку висоти гвинтових матриць передані на ДП «Техноскрап» ТОВ «Скрап». Очікуваний річний економічний ефект складає 39 833 грн/рік. 12. На основі розрахунків обґрунтована доцільність введення процесу ГЕ до технологічної схеми обробки титану ВТ1-0 для підготовки дрібнозернистої структури (500мкм) з малою пошкодженістю ( < 1,510-3), яка успадковуватиметься при подальших технологічних операціях. Це дозволило мінімізувати кількість відпалів та отримати кінцевий продукт – СМК титановий дріт з підвищеними (на 23%) міцностними характеристиками у порівнянні з аналогами, виробленими за традиційною технологією. 13. Отримав подальший розвиток метод проектування процесу ГЕ шляхом застосування об'єктно-орієнтованого підходу. Вдосконалений метод проектування і розроблені проектні операції дозволяють ефективним чином врахувати всі отримані в роботі результати при створенні конкретних технологій ГЕ. | |