**Усатюк Дмитро Андрійович. Удосконалення процесу деформування та розробка поковок підвищеної точності з використанням методу скінчених елементів : Дис... канд. наук: 05.03.05 – 2007**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Усатюк Д.А. Удосконалення процесу деформування та розробка поковок підвищеної точності з використанням методу скінчених елементів. - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 - процеси та машини обробки тиском. Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Луганськ, 2007.  Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-технічної задачі підвищення точності гарячого штампування для зменшення витрат металу та поліпшення якості поковок шляхом удосконалення процесу деформування та розробки поковок підвищеної точності з використанням методу скінчених елементів.  В дисертації дослідження напружено-деформованого стану при гарячому штампуванні зведено до нестаціонарної нелінійної зв’язаної задачі термопластичності для вирішення якої розроблено математичну модель пружно-пластичного матеріалу з функцією термомеханічного зміцнення та розроблена методика, згідно до якої напружено-деформований стан поковок та штампів визначається з урахуванням механічних властивостей матеріалу, що змінюються під впливом температурно-швидкісних умов. Для підвищення геометричної точності поковок отримано аналітичну залежність геометричної точності від нерівномірності напружено-деформованого стану поковки при гарячому штампуванні. Розроблена методика оцінки стійкості пластичної рівноваги точок поковки з використанням параметрів напружено-деформованого стану, що дозволяє оцінити якість поковок на стадії проектування технологічного процесу. Рекомендовано залежність для визначення стійкості штампів на основі режиму роботи та втомної міцності штампових сталей. Розроблені поковки впроваджені у виробництво у ВАТ ККЗ «Центрокуз» з економічним ефектом 122960 гривень на рік. | |
| |  | | --- | | У дисертації представлено нове рішення науково-технічної задачі підвищення точності гарячого штампування на молотах для зменшення витрати металу і поліпшення якості поковок шляхом удосконалення процесу деформування та розробки вісесиметричних поковок підвищеної точності з використанням методу скінчених елементів.  1. Отримання поковок підвищеної точності дозволяє зменшити витрату металу і значно збільшити продуктивність праці. Впровадження точного штампування на молотах традиційними способами пов'язано з великими витратами, що стримує її застосування.  2. Одержала подальший розвиток математична модель нестаціонарного нелінійного зв'язаного завдання термопластичності для дослідження операцій гарячого штампування на молотах, що базується на моделі пружно-пластичного матеріалу з термомеханічним зміцненням і аналітичних залежностях для напружень та деформацій. Це дозволяє визначати параметри напружено-деформованого стану та показники міцності металу поковки з урахуванням температурно-швидкісних умов.  3. Розроблена методика підвищення геометричної точності поковок для гарячого штампування на молотах шляхом дослідження напружено-деформованого стану і температурних полів поковок і штампів, яка полягає у зведенні будь-якої операція гарячого штампування до моделі системи «поковка-штамп», в рамках якої методом скінчених елементів вирішується нестаціонарна нелінійна зв'язана задача термопластичності.  4. Досліджено напружено-деформований стан при осаджуванні низьких та високих заготовок. Встановлено, що підвищена нерівномірність напружено-деформованого стану пов'язана з розповсюдженням в тілі поковки слабких ударних хвиль і високими швидкостями деформації - 200-435 с-1 для низьких поковок та 50-90 с-1 для високих. Це призводить до нерівномірного термомеханічного зміцнення металу і є причиною збереження зон деформації до ступеня деформації 50%. Показано, що хвильові процеси найбільш істотно впливають на енергетичну ефективність молоту при осаджуванні низьких поковок з , коли енергія хвиль в поковці складає від 10% до 40% енергії удару молота. Методом функцій Ляпунова встановлено порушення пластичної рівноваги і визначені граничні ступені деформації з урахуванням температурно-швидкісних умов деформації. Збільшення коефіцієнта тертя з 0,1 до 0,4 призвело до зменшення граничного ступеня деформації при осаджуванні низьких заготовок з 60% до 40%, а при осаджуванні високих – з 67% до 45%. Досліджено розвиток тріщини і місце її виходу на поверхню для високих поковок в області екватора і для низьких - на верхній кромці торця. Встановлена наявність максимумів інтенсивності напружень від 100 до 170 МПа на всій поверхні розділу осередку деформації з іншими зонами деформації, що пов'язане з нерівномірним термомеханічним зміцненням металу при осаджуванні як низьких, так і високих заготовок. При збільшенні висоти поковки в чотири рази швидкості деформації зменшилися з 200-435 с-1 до 50-90 с-1, тобто в 4-5 разів.  5. Розроблена аналітична залежність геометричної точності поковки з нерівномірністю напружено-деформованого стану при штампуванні в остаточному ручаї. Досліджено формозміну в остаточному ручаї при штампуванні поковок другого ступеня складності на молотах. Досліджено конфігурацію і розміри осередку деформації і нерівномірність напружено-деформованого стану та температурних полів при штампуванні поковок другого ступеню складності на молотах. Інтенсивність напружень в різних зонах поковки під впливом температурно-швидкісних умов змінюється від 60 до 150 МПа, межа текучості від 20 до 140 МПа, а межа міцності від 140 до 220 МПа, внаслідок чого в місцях концентрації напруги утворюються «жорсткі» зони. Використання функції геометричної точності дозволило підвищити точність штампування в остаточному ручаї за рахунок зменшення нерівномірності напружено-деформованого стану поковок без порушення пластичної рівноваги, що підтверджене оцінкою по методу функцій Ляпунова. В результаті підвищенні точності досліджених поковок висота осередку деформації зменшилася в чотири рази, залишившись достатньою для заповнення ручаю штампу.  6. Рекомендована залежність для визначення стійкості штампів на основі режиму роботи штампу та втомної міцності штампових сталей, виражену через межу витривалості і усереднене базове число циклів до руйнування. Це дозволило виявити переважаючий вид зносу для кожної поверхні ручаю і усунути локальні перегріви вище точки Ас1. При дослідженні штампів встановлено, що в процесі штампування найбільш важкий тепловий режим у нижньої частини штампу, а силовий режим - у верхньої внаслідок особливостей режимів деформування на молотах. При штампуванні поковок підвищеної точності температури на поверхнях ручаїв змінюються від 4500С до 6000С, досягаючи максимумів 700 0С на поверхнях радіусів закруглень. Інтенсивності напружень в штампах змінюються від 350 до 800 МПа, досягаючи максимуму 1100 МПа на поверхнях облойного містка.  7. Адекватність математичної моделі підтверджено перевіркою по критерію Фішера, а гіпотезу відтворюваності експериментів - оцінкою по критерію Кохрена. Відносна погрішність визначення напружено-деформованого стану і температурних полів склала 7-11%.  8. Розроблені поковки «кільце лабіринтне», «обойма», «лабіринт від’ємний», «кришка» та «колесо зубчате» підвищеної точності впроваджені у виробництво на підприємстві ВАТ ККЗ «Центрокуз», м. Кіровськ Луганської області. Річна економія металу по кожному типорозміру поковок склала: «кільце лабіринтне» - 7,2 тонни, «обойма» - 2,9 тонни, «лабіринт від’ємний» - 9 тонн, «кришка» - 4 тонни і «колесо зубчате» 8 тонн. Економічний ефект за рік склав 122960 гривень. Розроблені рекомендації по конструюванню і впровадженню поковок підвищеної точності на виробництві. | |