

І МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

УДК 621.7.016.2:669.7154:681.5.015

ДВОРІВНЕВА БАГАТОСТАДІЙНА МОДЕЛЬ НЕРІВНОМІРНОСТІ ПЛИНУ МЕТАЛУ У КОНСТРУЮВАННІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Лисогор В.М.

Гулько І.В.

Лисогор А.В.

Вінницький національний аграрний університет

У публікації запропонована і розроблена дворівнева багатостадійна модель нерівномірності плинку металу при конструюванні та випробуванні робочих органів сільськогосподарських машин. Характерною особливістю розробленої моделі є те, що вона є дворівневою, де на нижньому рівні рішення безпосередньо внутрішня задача контролю появи невизначених моментів: початку розвитку, кінця дії деформації заготовок. Нерівномірний плин металу при вальцюванні в калібрах потребував автоматичного та автоматизованого контролю до визначення розподілу температур поперечного і поздовжнього перерізів деформованої заготовки, який спричинений геометричним співвідношенням форми калібру і вальцьованої заготовки; контактною площиною між заготовкою та інструментом; ступеню обтиснення і опору деформації; тертям; температурою заготовки і поверхні інструменту; названими часовими проміжками (стадіями) деформації з невизначеними границями цих проміжків. На верхньому рівні вирішується задача координації підпроцесів нижнього рівня за рахунок контролю автоматичного, автоматизованого управління електропіччю в її пуско-зупинних режимах роботи.

In publishing proposed and designed two-level multistage model of uneven metal flow in the design and testing work of agricultural machines.

A characteristic feature of the developed model is that it is a two-level, where the lower level directly control the appearance of an internal problem of uncertain moments: the early development of the deformation of the end pieces. Uneven flow of metal during rolling in the sizes needed automatic and automated control dovyznachennya temperature distribution of transverse and longitudinal cross sections of deformed workpiece, which caused the ratio of geometric shapes and valtsovanoyi caliber blanks, contact area between the workpiece and tool, the degree of compression and deformation resistance, friction, temperature and Logging surface of the tool, named time intervals (stages) strain with uncertain boundaries of these intervals. At the top level to solve the problem of coordination processes in the lower level by automatic control, automatic control elektropichchyu in its start-stops operation modes.

Вступ

Працездатність функціонування робочих органів сільськогосподарських машин залежить від великої кількості режимних факторів, прямих та опосередкованих. Сьогодні, одним з прогресивних напрямів підвищення ефективності цих розробок є використання напрацьованих з математичного моделювання та нових інформаційних технологій в технічних, економічних, соціальних системах [1]. Вище сказане характеризує значну актуальність необхідності покращення стану визначення температурного поля на поверхні деформованої заготовки в просторових координатах за рахунок енергії пластичного формування та дії поверхневих сил тертя [2]. Розширення та поглиблення рівня розробок був досягнутий науковою шкалою С.О. Скрябіна за рахунок досліджень нерівномірності деформацій та

розподілу температурного поля в критичних місцях деформації в часі [3,4].

Незважаючи на досягнуті успішні результати залишилися невирішеними ряд задач та питань: внутрішньої невизначеності на нижньому рівні початку, розвитку, кінця деформації заготовки; невизначеності поведінки загального технологічного процесу плинину металу у пуско-зупинних ситуаціях роботи верхнього рівня координації, тобто електропечі.

Перше питання по усуненню внутрішньої невизначеності є не тільки актуальною задачею, яку необхідно вирішити, але вона є достатньо складною для цієї галузі. Відповідь на вказане питання ми отримуємо за рахунок розроблених методик [5].

Друге питання невизначеності поведінки загально технологічного процесу плинину металу у пуско-зупинних ситуаціях роботи координатора, тобто електропечі, отримуємо по розробленим методикам [6].

Мета публікації

Запропонувати та розробити дворівневу багатостадійну модель технологічного процесу плинину металу при деформаціях у конструюванні та випробуванні робочих органів сільськогосподарських машин, які вирішуються питання внутрішньої невизначеності на нижньому рівні: початку, розвитку кінця деформації заготовки; невизначеності поведінки загального технологічного процесу плинину металу у пуско-зупинних ситуаціях роботи верхнього рівня координації, тобто, роботи електропечі.

Основний результат публікації

Нагрів заготовок до необхідної температури при гарячому деформуванні здійснюють для поліпшення пластичності металу. При цьому повинно забезпечуватися мінімальний хімічний вплив атмосфери нагрівального пристрою па поверхню металу (окислення, насичення воднем та ін.), Завершення структурних перетворень, мінімальне зростання зерна і збереження цілісності металу (відсутність можливості появи внутрішніх тріщин та інших вад). Ці вимоги виконуються при дотриманні режимів нагріву деформованого сплаву, які визначаються температурою робочого простору нагрівального пристрою, часом витримки, швидкістю нагріву, а також проміжними витримками при тій чи іншій температурі та часі нагрівання. Однак, при встановленні оптимальних режимів нагріву того чи іншого сплаву, спостерігається деяка суперечливість потреб, що пред'являються до якості нагріву. Наприклад, витримка при кінцевої температурі нагріву застосовується для рівномірного прогріву заготовки і приводить до завершення структурних перетворень, але зайва тривалість може викликати зростання зерна і зниження пластичних властивостей. Підвищення швидкості нагріву може привести до появи термічних напруг і нерівномірності прогріву по перетину заготовки, а повільний нагрів сприяє хімічному впливу атмосфери робочого простору нагрівального пристрою па поверхню нагрітого металу.

В процесі нагрівання поверхня заготовки отримує теплоту шляхом теплопередачі конвекцією від нагрітої атмосфери камери електричної печі або продуктів горіння в полум'яних печах, а також від випромінювання розігрітих стінок і склепіння печі, нагрівальних елементів. Чим більше різниця між температурою робочого простору печі і заготовки (температурний напір), тим більше теплоти буде надходити на поверхню заготовки. Кількість тепла, що сприймається металом, залежить від коефіцієнта поглинання тепла поверхнею заготовки. Чим нижче цей коефіцієнт, тим меншою мірою поглинає

теплоти поверхню заготовки.

Поширення тепла всередину заготовки з поверхні здійснюється шляхом теплопровідності (λ , $\text{м}\cdot\text{кг}\cdot\text{с}^{-3}\cdot\text{л}\cdot\text{к}^{-1}$), а температура заготовки підвищується тим інтенсивніше, чим менше теплоємність (C , $\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}\cdot\text{к}^{-1}$) і щільність металу (γ , $\text{кг}/\text{м}^3$). Спільне вплив теплопровідності, теплоємності та густини металу відображає температуропровідність $\alpha = \lambda / c \gamma \text{ м}^2\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{к}^{-1}$.

Метал нагрівається тим інтенсивніше, чим більше температурний напір і температуропровідність. У свою чергу, чим вище температурний напір, тим більша різниця температур по перетину заготовки в процесі нагрівання (температурний градієнт). Різниця температур зростає зі зменшенням температуропровідності металу і з збільшенням перетину нагрівається заготовки, тобто, до різного теплового розширення периферійних і внутрішніх шарів металу. Це призводить до можливої появи в металі термічних напружень, які особливо помітні в сплавах, у яких в зоні нагріву виникають фазові перетворення, пов'язані з об'ємними змінами та при їх значній величині і в малій пластичності сплаву може порушитися цілісності металу. Тому нагрівання необхідно вести не з технічно можливою, а з допустимою швидкістю нагріву при температурному напорі, що обслуговує температурний градієнт певної величини. Нагрівання заготовок з алюмінієвих сплавів необхідно проводити в електричних печах опору з екранованими нагрівальними елементами і примусовою циркуляцією повітря для більш інтенсивної передачі теплоти на поверхню заготовок і забезпечення рівномірності температури робочого простору. Перепад температур в робочій зоні не повинен перевищувати 15–25°C після досягнення пічкою температурного інтервалу гарячої деформації конкретного сплаву.

Печі повинні бути обладнані автоматичними регулюючими і самописними приладами, де температура атмосфери печі повинна контролюватися в кожній зоні протягом усього процесу нагрівання. Заготовки в піч необхідно укладати не ближче 250–300 мм від завантажувального вікна щоб уникнути нерівномірності нагрівання і виключення впливу повітря, що підсмоктується в піч, і приблизно 50–100 мм від нагрівачів в печах опору, щоб уникнути пошкодження нагрівачів або замикань струму. Так як алюмінієві сплави мають високу температуропровідність (в 3–4 рази перевищують температуропровідність сталі) та малим коефіцієнтом поглинання (0,11–0,18), заготовки можна завантажувати в електричну піч холодними, без зниження температури печі для їх попереднього підігріву, не побоюючись порушення їх цілісності. Литі заготовки з усіх марок сплавів, крім сплавів АВ, АК6, АК8, можуть завантажуватися як в розігріту, так і в холодну піч. Швидкість нагріву і його тривалість визначається необхідністю повного розчинення фаз, що зміцнюються (Cu Al_2 ; $\text{Mg}_5 \text{Al}_2$ т.п.) та забезпеченням гомогенного стану, при якому пластичність сплавів досягає максимального значення. В цих умовах небезпека виникнення термічних напружень відсутня.

Час нагріву заготовок під деформацію встановлюється в залежності від діаметру або товщини заготовки з розрахунку: 0,8–1,0 хв. на кожен міліметр діаметру або товщини для заготовок діаметром або товщиною до 100 мм; 0,6–0,8 хв. для заготовок більше 100 мм. Уточнення між часовими проміжками буде наводитись нижче [5,6].

Тривалість нагрівання заготовок фіксується з моменту досягнення робочим простором печі нижньої межі температурного інтервалу гарячої деформації сплаву. Максимальний час нагрівання деформованих заготовок під ковку, штампування при першому нагріванні

встановлюється не більше 10–12 год. та при повторних нагрівах не більше 8 год, за умови, що температура нагріву металу не перевищує 420°C. При повторних нагрівах заготовок під деформацію при температурі вище 420°C час після досягнення металом заданої температури не повинно перевищувати 4 ч. Для литих заготовок час нагрівання не лімітується.

При завантаженні в піч гарячих (не менше 1 (10°C) заготовок перехідних форм, штампованих і кованих поковок необхідний мінімальний час нагрівання відраховується при досягненні температури деформації, вимірюють контактною (штиковою) термопарою.

При перервах в роботі більше 1 год. завдання на терморегуляторах знизити на 30–50°C. Час перерви в цьому випадку включається в загальний час нагрівання заготовок. Температуру нагрівання заготовок в процесі відпрацювання необхідно періодично контролювати контактною термопарою. Охолодження виробів після деформації проводиться на повітрі [4].

При створенні реальних промислових систем управління БСТП автори публікації зіткнулися з проблемами, які властиві області моделювання динамічних систем, характерних для математичного моделювання в наукових дослідженнях. Ці проблеми змусили використати методи дослідження, що тяжіють до спеціальних підходів, які дозволили отримувати математичні моделі БСТП [5,6]. В теоретичному плані стаття формує задачу управління БСТП з неповною інформацією про стан, нечітко вираженими умовами розривами та випадковою тривалістю стадій. В прикладному плані це є задача управління якістю цільової продукції та є забезпечення додаткових обмежень на безпечне функціонування об'єкта. Постановки основних задач публікації включають підходи до моделювання БСТП, куди входять задачі: структуризації, ідентифікації, оцінювання нечітко виражених умов розриву стадій. Постановки задач дворівневої системи управління включають: синтез програмного руху еталонної системи за стадіями (верхній рівень), синтез слідкуючої системи управління БСТП (нижній рівень).

1. Задача структуризації об'єкту. Розглядається об'єкт виду

$$x = f^t(x, y, u, t, a, w) \quad (1)$$

де t - час протягу стадій; x - вектор стану по стадіях; y - вихідний вектор вимірювання по стадіях; u - вектор управління, a - вектор параметрів; w - узагальнений вектор параметричних та структурних збурень; f - оператор нестационарних нелінійних функцій. На стиках стадій у дискретні моменти часу стаються стрибки. Проміжок часу між суміжними розривами назвемо стадією. Кожна стадія має визначену, але апріорно невідому подовженість T_i . Моменти t_i коли є наявні нечітко виражені розриви, характеризують зміну структури. Наявно, що

$$T = t_i - t_{i-1}, \quad (2)$$

Дослідженню підлягає оператор лінеаризованого вигляду

$$F = Ax(t) + Bu(t) \quad (3)$$

2. Задача ідентифікації БСТП, характеризується виглядом стаціонарного оператора (3). По реалізаціям вхідних та вихідних змінних, що отримані в реальних умовах функціонування об'єкта на заданому класі операторів F визначимо у будь-якому змісті оцінки F істиного оператора технологічної стадії БСТП. Для кількісної оцінки близькості F та F' введена функція $p(y(t), \hat{y}(t))$, яка залежить від вихідних змінних вектора траєкторного руху в межах кожної стадії. Для рішення поставленої задачі на математичне очікування цієї функції накладається вимога:

$$M(p(y_1(t), \hat{y})) \rightarrow \min \quad (4)$$

3. Задача розробки моделі оцінювання розривів та побудова вирішального правила "зшивки" стиків технологічних стадій БСТП, яка диктується умовами нечіткої вираженості розриву меж стадій. На основі проектування фільтра Калмана отримуємо рівняння оцінки стану вектору нечітко визначених умов розриву стадій.:

Вирішальне правило визначення нечітко визначених умов розриву прийме вигляд який дозволяє визначити відповідні гіпотези прийняття рішень:

4. Задача моделювання оптимальних стратегій управління еталонної системи БСТП з випадковою протяжністю його стадій розглядатися у двох варіантах: безпосереднього вимірювання фазових змінних; непрямого вимірювання фазових змінних, у цьому випадку вектор меншої розмірності.

У такій послідовності виконаємо постановку задачі моделювання стратегій управління БСТП. При безпосередньому вимірюванні фазових змінних БСТП задамо у вигляді стану, стохастичного диференційного рівняння дифузного типу:

$$dx(t) = [Ax(t) + Bu(t)]dt + Dd\eta(t), \quad x(t_0) = x_0 \quad (5)$$

де $x(t)$ -ектор фазових змінних, $u(t)$ - вектор у множині допустимих управлінь t - поточний час, η – вектор стандартного вінеровського процесу з незалежними компонентами; A, B, D - матриці відповідних розмірів.

Задача моделювання стратегії управління заключається в тому, щоб на траєкторії руху $x(t)$ знайти такі управління, що забезпечують мінімум функціоналу якості $J(\cdot)$.

Результатом моделювання являється розв'язання задачі синтезу оптимального управління стохастичною системою (5). При цьому t протяжності стадії БСТП вважається випадковою та визначається як марківський момент першого досягнення траєкторії випадкового процесу $x(t)$ деякої області з заданою межею. Випадкова величина τ є додатковим параметром оптимізації нашої екстремальної задачі, у якій необхідно не тільки керувати процесом, але й оптимально виконати закінчення стадії БСТП. Така постановка задачі являє собою поєднання ідей оптимального стохастичного управління та послідовного аналізу (оптимальних правил зупинки) [5]. При цьому оптимізація по закону управління забезпечується його моделюванням.

Завдання сумісної оптимізації функціоналу $J(\cdot)$ присвячено порівняно небагато робіт. Публікації, що пов'язані з управлінням різного роду технологічними об'єктами, повністю відсутні. Для управління рухомими об'єктами методи вирішення вказаних задач являють собою модифікацію та узагальнення підходу Белмана. Для пов'язання основних функціональних рівнянь у нас пропонуються ітеративні процедури методу послідовних наближень.

5. Задача моделювання слідкуючої системи БСТП (нижній рівень управління). Враховуючи збурення, що діють на об'єкт та вимірювальні пристрої, задача управління БСТП може бути повністю розв'язана за рахунок введення контуру слідкування. Тоді на верхньому рівні формується траєкторія $x(t)$ по стадіях, яка буде виступати у якості заданої величини для системи управління нижнього рівня. Рух об'єкта, що управляється, уявимо математичною моделлю

$$dx(t)/dt = Ax(t) + Bu(t), \quad x(t_0) = x_0 \quad (6)$$

$$y(t) = Cx(t), \quad t_{i-1} < t < t_i \quad (7)$$

Закон управління приймемо у вигляді

$$u(t) = Ky(t) - K_u C_1 x(t) \quad (8)$$

тут K - вектор невідомих параметрів, котрі підлягають визначенню. Будемо вважати задачу пошуку таких параметрів K_u , при котрих рух замкнутої системи

$$dx(t)/dt = (A_1 + B_1 K_u C_1) x(t) \quad (9)$$

Отже, запропонована нова математична МОДЕЛЬ БСТП з неповною інформацією про стан у вигляді сукупності звичайних диференціальних рівнянь, що змінюють одне одного, отриманих в результаті структурної і часової декомпозиції. Структурна декомпозиція вводить до розбиття багатьох неповних вимірів БСТП на вектор траєкторного руху, вектор оцінювання нечітко виражених умов розриву стадій. Часова декомпозиція вирішує задачу визначення проміжних, нечітко виражених умов розриву стадій, на основі котрих під процеси пов'язуються в повний технологічний процес.

Висновок

В публікації запропоновано та розроблено дворівневу багатостадійну модель технологічного процесу плину металу при деформаціях у конструюванні та випробуванні робочих органів сільськогосподарських машин, які вирішують питання внутрішньої невизначеності на нижньому рівні: початку, розвитку кінця деформації заготовки; невизначеності поведінки загального технологічного процесу плину металу у пуско-зупинних ситуаціях роботи верхнього рівня координації, тобто, роботи електropечі.

Література

1. Мур Дж. Экономическое моделирование в Microsoft Excel: Пер. с англ. Дж. Мур, Л. Р. Уедерфорд – М: Изд. Дом "Вильямс", 2004.-1024 с. ISBN 5-8459-0579-8/
2. Скрябин С.А. Определение температурного поля на поверхности формируемой заготовки за счет энергии пластического формирования и работы поверхностей сил трения/С.А. Скрябин, И.В. Гунько, И.А. Бубновская.//Технологические системы №2, 2010.-с.63-69.
3. Скрябин С. А. Исследование неравномерности деформации и распределения температурного поля в очаге деформации во времени. /С. А. Скрябин, И. В. Гунько, И. А. Бубновская//Технологические системы №1(54), 2011.-с.50-53
4. Скрябин С.А. Технология горячего деформирования заготовок из алюминиевых сплавов на ковочных вальцах: монография./С.А. Скрябин – Винница:О. Власюк, 2007.-284с. ISBN 978-966-2932-27-0.
5. Лысогор В. Н. Моделирование многостадийных динамических технологических процессов с неполной информацией о состоянии и нечеткими границами стадий./В. Н. Лысогор//Дисс. д.т.н.-Винница.:ВДТУ.1995.-347с.
6. Лысогор В. М. Модели керування технологічними процесами в аварійних ситуаціях: монографія./В.М.Лысогор, Р.В. Селезньова. - Винница:»УНІВЕРСАМ» – Винница”, 1997.-95с. ISBN 966-7199-04-5