

Самарай Р.В., Богушевський В.С., Самарай В.П.
(*НТУУ «КПІ», м. Київ*)

НЕЧІТКА ЛОГІКА КОНТУРА САР «ТЕМПЕРАТУРА СПЛАВУ» ЛПТ

Лиття під тиском (ЛПТ) – найбільш застосований до автоматизації, найефективніший, найперспективніший, найпродуктивніший спосіб литва, який дозволяє виготовляти виливки з будь-яких промислових сплавів, окрім сталі та чавуну, в звичайних прес-формах. Найважливіші його переваги – мінімальні припуски на механічне оброблення і низька трудомісткість виготовлення виливків, а щодо якості – точність розмірів, мінімальна шорсткість поверхонь навіть без механічного оброблення, відмінний товарний вигляд. Важливою особливістю й відмінністю від інших способів литва є можливість легко керувати швидкістю заповнення прес-форми і обирати режим заповнення рідким металом між ламінарним, турбулентним та дисперсним, застосовувати так званий оригінальний спосіб литва «Рідке штампування» і в тому числі можливість отримання герметичних виливків для арматуробудування в широкому діапазоні швидкостей заповнення та з тиском випробовувань корпусів і зібраних виробів запорної арматури (наприклад, кульових кранів) більш як 10 атмосфер (наприклад, із стовідсотковою перевіркою всіх корпусів і окремо готових виробів арматури за британським стандартом BS1010). Досягти всіх вказаних переваг можливо при максимальній автоматизації ЛПТ із застосуванням найсучасніших методів системного аналізу і кібернетики, у тому числі методів штучного інтелекту (ШІ). Закордонні і вітчизняні розробники переважно орієнтуються на високу якість вихідних матеріалів, стабільну роботу обладнання і стабілізацію окремих параметрів процесів лиття, що в наших умовах практично недосяжно. При цьому практично відсутні комплексні моделі систем автоматизованого регулювання (САР) і систем автоматизованого управління (САУ), що охоплювали би декілька контурів керування ЛПТ та використовували би декілька критеріїв оптимізації одночасно, серед яких мають бути комплексний або спеціальні критерії якості виливків, критерії енергозбереження, критерії продуктивності, тощо.

Тому розроблення, створення та впровадження автоматизованої системи керування технологічним процесом машини ЛПТ на базі нечіткої логіки – дуже актуальна задача.

У зв'язку з суттєвою нестаціонарністю процесу ЛПТ, для ефективного регулювання пропонується використати регулятор із застосуванням ШІ. Серед відомих підходів ШІ (нейронні мережі, експертні системи, методи розпізнавання образів, кластерний і дискримінантний аналізи) найважливішим і найактуальнішим залишається «нечітка логіка».

Для побудови нечіткої моделі регулятора перш за все було обрано вхідні й вихідні параметри, вивчено діапазони їх змін, визначено кількість термів та вид функцій належності. За вхідні обрано робочі параметри головних контурів керування: температура сплаву в печі; поточна температура прес-форми; час кристалізації вилівка у прес-формі (витримка); три швидкості прес-поршня (плунжера) у трьох фазах пресування відповідно; кількість змащувального матеріалу і його консистенція; тиск запирання прес-форми. Для всіх параметрів запропоновано гаусові функції приналежності.

Для контура «Температура сплаву» моделі САР розглядалися можливості застосування варіантів з 3, 5 та 7 термами і відповідними лінгвістичними змінними. Запропоновано для лінгвістичної змінної «Помилка регулювання» використовувати 5 термів, для лінгвістичної змінної «Швидкість помилки регулювання» – використовувати 5 термів, для лінгвістичної змінної «Прискорення помилки регулювання» використовувати 3 терми, для вихідного нечіткого відгуку «Дії впливу з нагрівання або охолодження» – 5 термів. Розроблено 81 правило нечіткої логіки з можливістю зменшення до 75.

Нечітку модель створювали в інтерактивній системі «MatLab» з використанням базових компонентів для побудови всіх контурів регулювання регулятора із

застосуванням додаткового пакету «Fuzzy Logic Toolbox». Поведінку параметрів у різних контурах керування описали відповідними передаточними функціями.

Адекватність розроблених правил перевірена ймовірною зміною значень вхідних параметрів із досвіду (із статистичних спостережень). Задля перевірки і доопрацювання працеспроможності нечіткого регулятора було складено САР. Було проведено імітаційне моделювання в реальному часі за допомогою інтерактивного інструменту імітації, моделювання, прогнозування, діагностики, оптимізації та аналізу динамічних систем «SIMULINK».

Приклад принципу складання правил для контуру управління (фрагмент від всієї АСУ) «Температура сплаву в печі» був наступний:

Пр.1. Якщо $T = \text{зависока}$ & $T_{\text{ш}} = \text{зависока}$ & $T_{\text{п}} = \text{зависока}$ то «Дуже Охолодити»;

Пр.2. Якщо $T = \text{висока}$ & $T_{\text{ш}} = \text{висока}$ & $T_{\text{п}} = \text{висока}$ то «Дуже Охолодити»;

де такі лінгвістичні змінні і терми: $T = \text{низька}$ – температура сплаву низька;

$T = \text{висока}$ – температура сплаву вище норми;

$T = \text{занизька}$ – температура сплаву дуже низька;

$T = \text{зависока}$ – температура сплаву занадто вище норми;

$T = \text{оптим}$ – оптимальна температура (в межах норми);

$T_{\text{ш}} = \text{оптим}$ – швидкість зміни температури майже не змінюється ($=0$);

$T_{\text{ш}} = \text{висока}$ – швидкість зміни температури вище норми;

$T_{\text{ш}} = \text{низька}$ – швидкість зміни температури нижче норми;

$T_{\text{ш}} = \text{зависока}$ – швидкість зміни температури значно вище норми;

$T_{\text{п}} = \text{занизька}$ – швидкість зміни температури значно нижче норми;

$T_{\text{п}} = \text{оптим}$ – прискорення зміни температури майже не змінюється ($=0$);

$T_{\text{п}} = \text{висока}$ – прискорення зміни температури вище норми;

$T_{\text{п}} = \text{низька}$ – прискорення зміни температури нижче норми;

«Оптим» – температура сплаву не потребує втручання САР (САУ);

«Нагрівати» – сплав потребує незначного підігрівання;

«Охолодити» – сплав потребує незначного охолодження;

«Дуже охолодити» – сплав потребує термінового значного охолодження;

«Дуже нагріти» – сплав потребує термінового значного підігрівання.

Висновки:

1. Нечітка САР пропонується для будь-яких виливків, машин ЛПТ, сплавів.
2. САР (САУ) має бути адаптована під конкретні вимоги виробництва.
3. Попередньо для виливків за допомогою розрахунку або моделювання визначаються технологічно необхідні температура, режими і швидкість заповнення прес-форми рідким сплавом і значення інших параметрів.
4. Нечітка САР адаптується і до умов виробництва на термопласт-автоматах.
5. Можливе застосування ПЗ LabVIEW, EXCEL і ін. для нечіткої логіки.
6. Можлива організація інтерактивної САР машин ЛПТ на базі MatLab, LabVIEW, EXCEL із застосуванням датчиків, АЦП, контролерів і ЦАП.

Література:

1. Кубов В.И. Обмен данными с микроконтроллерным устройством на основе AVR BUTTERFLY в инструментальном пакете LabVIEW // Наукові праці. – Випуск 64. – С.75...79.
2. Кирюша Б.А. Аналіз засобів змішаного моделювання схемо-технічного та функціонально-логічного рівнів / Комп'ютерні технології: наука і освіта: тези доповідей.– К.: Університет «Україна», 2012. – С.77.

3. Жданов А.А., Караваев М.В. Применение нечеткой логики в имитационной системе автономного адаптивного управления // Труды Института системного программирования РАН, 2002. – №3. – С.121...137.