

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.74.043.2

В.С. Богушевський, Я.К. Антоневич, О.О. Антоневич
Національний технічний університет України “КПІ”, Київ, Україна

РОЗРОБКА ГНУЧКОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДІЛЯНКИ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

Background. The main development direction of the foundry at the present stage is its intensive upgrade based on flexible automatized manufacture, including flexible automated lines and flexible automated shops (FAS). Creating of FAS became possible thanks to the emergence of robots and technological systems, the introduction of microelectronics and computer technology in control and management device.

Objective. Analyze the known process control systems, and to develop flexible automated die-casting station.

Methods. The PC simulation method, parameters calculation and design of flexible automated modules were used.

Results. On the basis of information ACSTP of die-casting complex designed ACS of flexible die-casting line to coordinate in real time technological and production processes with continuous-discrete character of the passage. The basic characteristics are given, information and control system functions are provided, algorithms, and the scheme of the site and its parts are described.

Conclusions. FAS implementation shows their high efficiency: labor costs for making castings are reduced by 1.5–1.8 times, cycle times and the number of employees are reduced.

Keywords: flexible automated line; mathematical model; transportation and manufacturing operations; casting.

Вступ

Підвищення ефективності виробництва на базі створення комплексно-автоматизованих швидко переналаджуваних систем обладнання та передової технології – одне з основних завдань з удосконалення та розширення сфери застосування процесів лиття під тиском (ЛПТ), що забезпечує значне зростання продуктивності праці та якості литих заготовок.

Низький технічний рівень обладнання в сучасних цехах, відсутність засобів механізації та автоматизації, великий обсяг ручної важкої і монотонної праці збільшує матеріало- і енергоємність виробництва виливків, створює неприпустимі екологічні умови для робітників.

Зберігання шихтових матеріалів на відкритих майданчиках спричиняє їх додаткове забруднення і вологонасичення, що призводить до простоїв з організаційних причин. Завантаження плавно-роздаткових печей (ПП) проводиться вручну без прожарювання шихти. Алюмінієві сплави, що використовуються в цеху, – АК10СУ і АК–7 – містять велику кількість домішок, неконтрольована кількість яких від плавки до плавки призводить до дестабілізації властивостей сплаву і необхідності частого настроювання технології для ліквідації дефекту лиття. Крім того, багатонаменклатурне виробництво при неповній інформації про параметри технологічного процесу та виробничої ситуації призводить до того, що настроювання обладнання за відсутності оперативного зв'язку між робочим місцем ливарника та службою ор-

ганізації виробництва викликає великі простой при заміні оснастки.

Основний напрям розвитку ливарного виробництва на сучасному етапі – інтенсивне його переозброєння на основі гнучкого автоматизованого виробництва, що включає гнучкі автоматизовані лінії та гнучкі автоматизовані ділянки (ГАД) [1–6]. Впровадження ГАД передбачає проведення технічного переозброєння цеха, в основу якого покладені рішення, засновані на впровадженні комплексно-технологічного та транспортно-складського обладнання, що має необхідну організаційно-технологічну гнучкість і високу експлуатаційну надійність, на базі автоматизованого технологічного обладнання, засобів обчислювальної техніки, сучасних методів організації та управління виробництвом.

Створення ГАД стало можливим завдяки появі роботів і технологічних комплексів, впровадженню мікроелектроніки та обчислювальної техніки в пристрої керування та контролю. Перевага мікропроцесорів – низька вартість (у 15 разів менша, ніж для блока з такою ж функцією в конструкції міні-ЕОМ [7]).

Досвід впровадження ГАД показує їх високу ефективність: витрати праці на виготовлення виливків знижуються в 1,5–1,8 разу, скорочується виробничий цикл і зменшується кількість робітників (у майбутньому виробничий процес без втручання людини).

Дослідження, наведені в статті, проводилися в НТУУ “Київський політехнічний інститут” за темою “Математична модель і система

управління машинами лиття під тиском”, державний реєстраційний номер 0112U002173.

Постановка задачі

Метою роботи є підвищення ефективності виробництва цехів ЛПТ за рахунок оптимізації виробничих процесів, логістики, допоміжних операцій.

Результати досліджень

На базі розроблених інформаційної автоматизованої системи керування (АСК) [8] і АСК технологічним процесом комплексу ЛПТ [9] спроектована АСК гнучкою ділянкою ЛПТ для Полтавського заводу “Електромотор”. Мета створення системи – координація в реальному масштабі часу на гнучкій ділянці технологічного і виробничого процесів з безперервно-дискретним характером проходження.

До складу комплексу технічних засобів (КТЗ) ГАД (рис. 1) входять:

- чотири ливарних модулі 1–4, кожен із яких складається з автоматизованого комплексу ЛПТ 5 моделі А711108, трисекційного роликового конвеєра 6 для прийому, переміщення тари і тари з виливками, роботизованою ПРП 7 з установкою для вивантаження чушок 8;
- транспортно-складське обладнання – монорейкова підвісна дорога 9 вантажопідйомністю 2,0 т типу ОПД-2 з чотирма пристроями автоматизованого керування стрілками 10; два підвісних транспортних роботи (ПТР) 11 типу РПТ-1000, один із яких розміщений на транспортній лінії виробництва виливків, інший – на транспортній лінії складу лиття; трисекційний перевантажувальний конвеєр 12–14; автоматизований склад стелажного типу шихтових матеріалів 15 і лиття 16 з передавальними секціями відповідно 17–20 і 21–24;
- КТЗ АСК-КОК (контрольно-обчислювальний комплекс) у приміщенні обчислювального центру 25; безконтактні датчики положення (БДП) вантажу 26–70; датчики переведення режиму роботи обладнання 71–93; сигнальні сирени 94.

АСК ГАД – багатофункціональна інформаційно-керуюча система, що реалізує інформаційний супровід ливарним циклом машин ЛПТ, керування навколomашинними операціями (змащення прес-форми камери пресування, заливка сплаву і зняття виливка), визначення продуктивності машини, числа виливків за зміну та на прес-формі з моменту її установ-

ки, керування транспортно-складськими та вантажно-розвантажувальними операціями.

АСК ГАД забезпечує оптимальне ведення технологічного процесу, здійснюючи функції логіко-програмного керування об’єктом за результатами його ідентифікації. В системі використані стандартні методи реалізації функцій керування, типові математичні методи і моделі, уніфіковані форми документів і діалогові методи розв’язання задач.

АСК ГАД виконує такі інформаційні функції:

- автоматичний контроль, оперативне відображення і реєстрацію показників стану обладнання (заповнення тари литтям, наявність тари на кожній секції установки для завантаження чушок у ПРП, роликового і перевантажувального конвеєра, положення стрілок монорейкової підвісної дороги);
- виявлення, відображення, реєстрацію відхилень показників стану обладнання від установлених меж (контроль тривалості циклу комплексів ЛПТ, контроль тривалості транспортної операції);
- визначення замовлення на прес-форму;
- сигналізацію про потребу порожньої тари, тари під повернення з чушками;
- облік виробничої діяльності за зміну (змінний рапорт);
- підготовку інформації та виконання процедур обміну із системами верхнього рівня (одержання змінного завдання від системи верхнього рівня, передачу останнього змінного рапорту, отримання інформації про параметри роботи комплексів ЛПТ і передачу її системі верхнього рівня).

Керуючі функції системи:

- видача команд у локальну підсистему керування стрілками монорейкової дороги;
- видача команд у локальну підсистему керування ПТР;
- розподіл замовлень між комплексами ЛПТ.

В об’єкті керування функціонують 44 транспортно-технологічні операції з подачі тари, в т.ч.: порожньої тари зі складу лиття до машин ЛПТ і назад завантаженої литтям (32 операції), тари з чушками зі складу шихтових матеріалів до ПРП і назад порожньої (8 операцій), тари з поверненням зі складу лиття на склад шихтових матеріалів і назад порожньої (4 операції).

Всі операції з внутрішньоцехового транспортування елементів, що переміщуються на гнучкій ділянці, здійснюються за дискретними

Відділення шихтових матеріалів

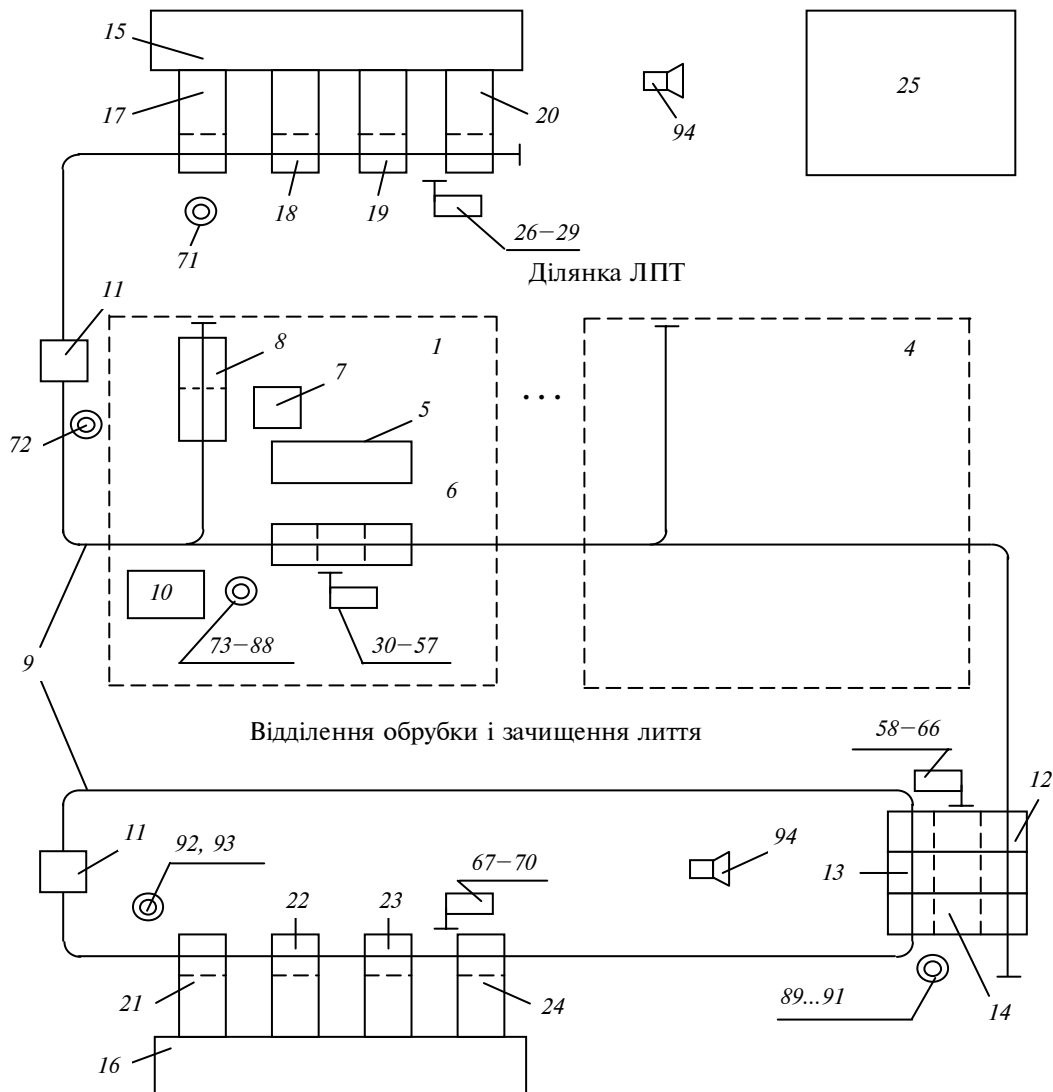


Рис. 1. Схема КТЗ ГАД ЛПТ

сигналами датчиків знаходження вантажу на секціях, які автоматично надходять до КОК. Як первинні перетворювачі в системі використані безконтактні датчики положення (БДП) 26–70, розміщені на контрольованих транспортних лініях об'єкта. Металеві прапорці, які встановлені в певних місцях траси, взаємодіють із датчиками, розміщеними на ПТР. Сигналами від датчиків робота визначаються адреса місця, на якому відбувається розвантаження чи завантаження, плавна зміна швидкості переміщення ПТР і його точна зупинка. По ходу траси в міру спрацювання БДП в КОК подаються відповідні сигнали, що ідентифікують наявність і стан тари. Переміщення ПТР на ділянці ЛПТ

керується КОК, який передає команди в підсистемі керування стрілками 10 монорейкової підвісної дороги 9.

Підсистемами керування складами забезпечуються автоматичний облік і видача інформації про поточні значення кількості та номенклатури об'єктів зберігання, автоматизоване складування та видача об'єктів зберігання за командою операторів засобів внутрішньоцехового транспортування вихідних матеріалів і готової продукції.

КТЗ ГАД функціонує таким чином.

За сигналом нижчерівневого обчислювального комплексу (НОК) автоматизований склад шихтових матеріалів видає на приймальну сек-

цію 18 тара з чушками, яка по монорейковій дорозі 9 ПТР 11 перевозиться на приймальну секцію роликового конвеєра 8 ПРП 7 відповідного ливарного комплексу 5, а зворотним ходом робота перевозиться порожня тара із секції видачі конвеєра.

При подачі тари з чушками на приймальну секцію установки 8 замикається відповідний БДП, що подає в УВК сигнал про наявність тари з чушками на цій секції. Маніпулятор у темпі з витратою металу вантажить чушки в ПРП 7, порожня тара при знятті останньої чушки передається на секцію 8 видачі установки 8. БДП обох секцій видають відповідні сигнали в УВК, який виробляє керуючі сигнали для транспортної підсистеми. Відповідно до цих сигналів тара з чушками із секції видачі 17 подається на вивільнену приймальну секцію роликового конвеєра 8, а порожня тара – на склад шихтових матеріалів 15, на приймальну секцію 18. Переміщення тари за сигналами БДП фіксується КОК.

Доведений за температурою і хімічним складом у ПРП 7 рідкий метал за допомогою дозувальної роботи заливається в камеру пресування машини ЛПТ 5. Готовий вилівок витягується з розкритої прес-форми за допомогою робота-виймача і скидається в тару, розміщену на проміжній секції трисекційного роликового конвеєра 6. НОК визначає кількість виливків наростаючим підсумком з початку зміни і на прес-формі з моменту її установки, а також продуктивність машини ЛПТ 5.

Від відповідних БДП в КОК надходять сигнали про наявність тари на секції видачі та про її відсутність на приймальній секції трисекційного роликового конвеєра 6. НОК генерує керуючі сигнали для транспортної лінії, згідно з якими тара з литтям переміщується ПТР 11 із секції видачі на приймальну секцію трисекційного перевантажувального конвеєра 12. Потім тара з литтям ступенево через проміжну секцію переміщується на секцію видачі перевантажувального конвеєра, звідки роботом відділення обрубки і зачистки лиття 11 – на автоматизований склад лиття 16, а зворотним ходом робота 11 перевозиться порожня тара із секції видачі перевантажувального конвеєра 13. В міру спрацювання БДП в КОК подаються відповідні сигнали про наявність тари з литтям на секціях приймальній, проміжній та секції видачі перевантажувального конвеєра 12.

На автоматизованому складі лиття 16 відповідні БДП 67–70 подають до КОК сигнали

про наявність тари з литтям (секція 21), порожньої під лиття (секція 22), з поверненням (секція 23) і порожньої під повернення (секція 24). Тара під повернення і порожня під лиття подаються ПТР 11 відділення обрубки і зачистки лиття на перевантажувальний конвеєр 13. При цьому з відповідних БДП до КОК надходять сигнали про наявність тари з поверненням і порожньої під лиття на секціях приймальній, проміжній та секції видачі.

Весь комплект обладнання ув'язується за допомогою АСК в єдиному циклі роботи, забезпечуючи стійке функціонування ГАД з координацією технологічного і виробничого процесів. Гранично допустимий регламент функціонування АСК – керування трьома ГАД, склад кожної з яких аналогічний описаному.

Структура ефективності функціонування АСК ГАД ЛПТ формувалася на основі принципу композиції через розв'язання набору оптимізаційних задач, з якою з яких може бути складений найкращий метод побудови та аналізу відповідної математичної моделі. Використовувалися методи теорії графів, розкладів і масового обслуговування з імовірнісною аксіоматикою.

Для аналізу надійності роботи АСК побудований повний граф робочих елементів, у якому були виділені підсистеми, що здійснюють операції зі складування, виготовлення виливків і транспортні. При дослідженні надійності системи розраховувалися ймовірності зв'язності відповідних графів, граничні оцінки для яких визначалися методом Езари–Прошана згідно з виразом

$$h_n \leq M\Phi(x) \leq h_b, \quad (1)$$

де $h_n = P(1 - P g_i)$, $h_b = P(1 - P r_i)$ – відповідно нижня і верхня оцінки надійності; P – функція Езари–Прошана; g_i, r_i – відповідно ймовірності відмови і безвідмовної роботи i -го елемента системи; $M\Phi(x)$ – математичне сподівання структурної функції.

У результаті аналізу надійності встановлено, що ймовірність безперебійного отримання виливків на комплексах ЛПД дорівнює 0,8. Для подальшого підвищення надійності необхідно збільшити безвідмовність роботи елементів системи. Для виконання складських операцій складені: розклад заповнення осередків складу, програма обслуговування, перелік необхідних технологічних операцій. Послідовність операцій варіювалася таким чином, щоб мінімізувати можливий простій обладнання. В ре-

зультаті отримано оптимальний варіант розкладу, при якому не виникає ситуації очікування на заявку, що призводить до виникнення черг.

Для побудови імітаційної моделі системи використовувався варіант тимчасових мереж Петрі, які формально описуються набором ви-

гляду $N = (P, T, E, M_0)$, де P, T – ненульова множина відповідно позицій і переходів; $E \leq (P \times T) \cup (T \times P)$ – відношення інцидентності позицій і переходів; M_0 – початкове маркування; $M : P \rightarrow N; N = \{0, 1, 2, \dots\}$.

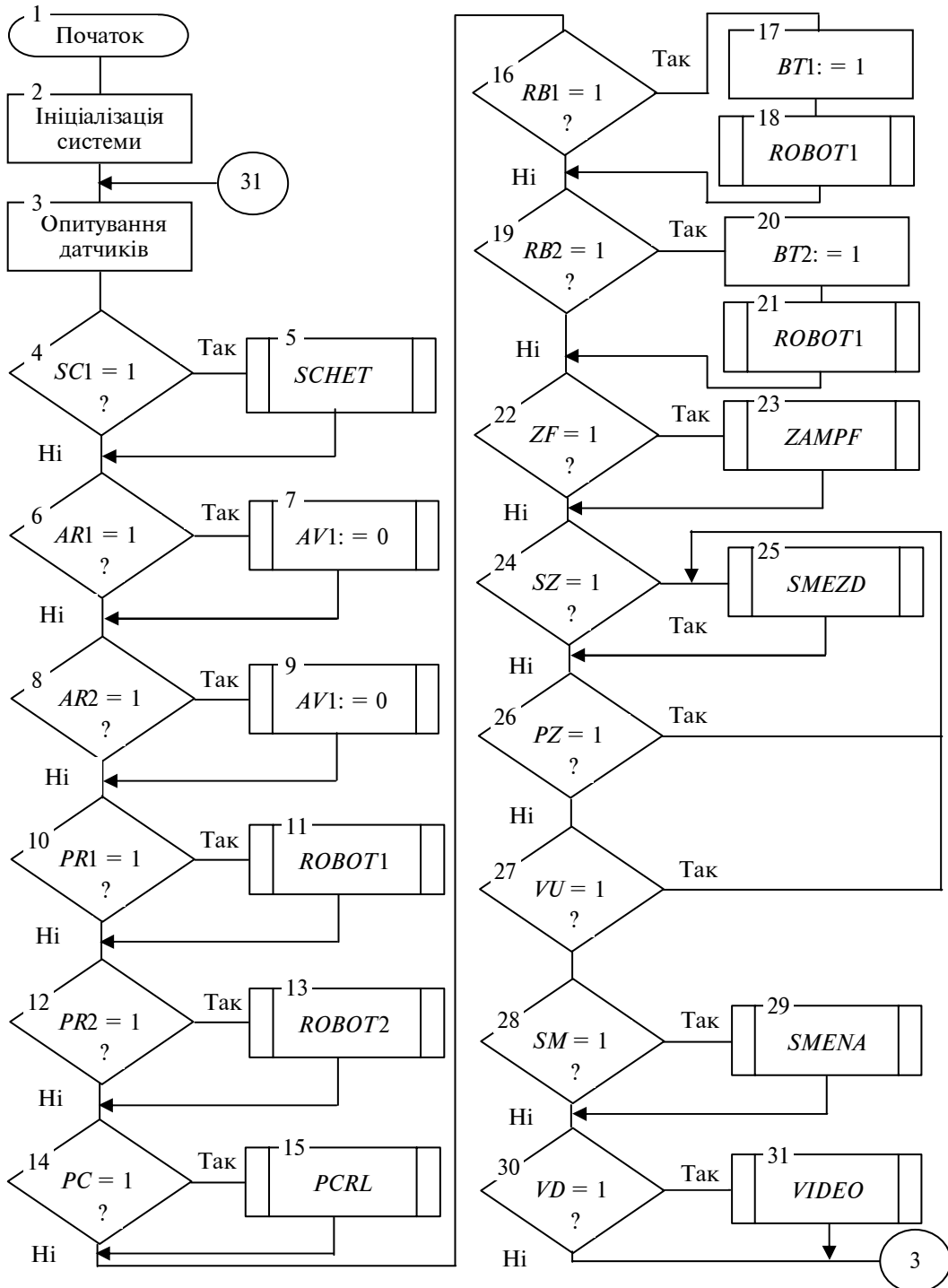


Рис. 2. Структурна схема алгоритму функціонування АСК ГАД

Графічна мережа Петрі представлена дводольним графом з вершинами двох типів: позиції і переходи. Дуги графа можуть бути спрямовані тільки від позицій до переходів або навпаки. Динаміка мереж Петрі пов'язана з механізмом зміни маркування позицій та угодами про правила спрацьовування переходів. У рамках звичайних мереж Петрі найбільш доцільний напрям формального аналізу – дослідження по частинах. Вихідна мережа розбивалася на технологічні фрагменти, кожен з яких досліджувався як сепаратна мережа. При цьому ставилася найбільш складна задача мережевого аналізу – перевірка мереж на досяжність. Була побудована і реалізована програма моделювання, яка оцінює тривалість основного і допоміжного циклів. У результаті моделювання скорочено час перебування одиниці матеріальних потоків у виробничому циклі завдяки усуненню непередбачених затримок і зменшенню втрат на синхронізацію.

АСК ГАД ЛПТ як середній рівень ієрархії, який координує роботу локальних підсистем,

входить до складу системи верхнього рівня – цехової інтегрованої виробничо-технологічної АСК.

Структурна схема алгоритму функціонування системи наведена на рис. 2. Алгоритм циклічний і послідовно виконує розв'язання задач відповідно до подій, що відбуваються на об'єкті. Функціонування алгоритму починається з опитування датчиків. Якщо виконується одна з умов появи переривання (таблиця), то системою розв'язується відповідна задача. Після виконання всіх задач по перериваннях робота системи повторюється.

Алгоритм SCHET дає змогу визначити по кожному комплексу ЛПТ кількість виготовлених виливків, сигналізує про виконання змінного завдання і необхідність відправки прес-форми в ремонт (кількість виготовлених на прес-формі виливків досягло заданої величини). Алгоритм керування ПТР ділянки ЛПТ дає можливість здійснити відповідно до сформованої обстановки такі перевезення:

– тари з литтям з будь-якого роликового конвеєра 6 на перевантажувальний конвеєр 12 і

Таблиця. Умови появи перерв і задач, що розв'язуються в системі

Назва переривання	Ознака переривання	Розв'язувана задача
Тимчасове (кожні 60 с)	$SC = 1$	Визначення кількості виготовлених виливків (SCHET)
Наявність тари на секціях встановлення для завантаження чушок у ПРП	$PR1 = 1$	Керування ПТР ділянки ЛПТ (ROBOT 1)
ПТР ділянки ЛПТ справний	$AR1 = 1$	Визначення ознаки справності робота $AV1: = 0$
Наявність тари з литтям на секціях перевантажувального конвеєра	$PR2 = 1$	Керування ПТР відділення обрубки і очищення лиття (ROBOT 2)
ПТР відділення обрубки і очищення лиття справний	$AR2 = 1$	Встановлення ознаки справності робота $AV2: = 0$
Тимчасове (кожні 3600 с)	$PC = 1$	Визначення тривалості циклу комплексів ЛПТ (PCKL)
Ручне введення команди на перевезення ПТР ділянки ЛПТ	$RB1 = 1$	Встановлення ознаки отримання завдання $BT1: = 1$, виконання завдання
Ручне введення команди на перевезення ПТР ділянки обрубки і зачищення лиття	$RB2 = 1$	Встановлення ознаки отримання завдання $BT2: = 1$, виконання завдання
Ручне введення інформації про заміну прес-форми	$ZF = 1$	Виконання завдання заміни прес-форми (ZAMPF)
Ручне введення інформації про зміну задачі	$SF = 1$	Розподіл змінного завдання між комплексами ЛПТ (SMEZD)
Ручне введення корегувальних даних змінної задачі	$PZ = 1$	Розподіл змінного завдання між комплексами ЛПТ (SMEZD)
Автоматичне введення інформації про змінну задачу системою верхнього рівня	$VU = 1$	Розподіл змінного завдання між комплексами ЛПТ (SMEZD)
Тимчасове – на початку зміни (7 год 00 хв, 15 год 00 хв, 23 год 00 хв)	$SM = 1$	Облік виробничої діяльності ГАД за зміну (SMENA)
Ручне введення команди на виведення відеокадру “Стан технологічного обладнання ділянки ЛПТ”	$VD = 1$	Виведення відеокадру (VIDEO)

порожньої тари з перевантажувального конвеєра 13 при русі у зворотному напрямку;

– тари з чушками з передавальної секції 17 складу шихтових матеріалів на будь-яку установку для завантаження 8 у ПРП 7 і порожньої тари при русі у зворотному напрямку;

– тари з поверненням з перевантажувального конвеєра на передавальну секцію 19 складу шихтових матеріалів 15 і порожньої тари при русі в зворотному напрямку.

Алгоритм ROBOT 2 дає змогу здійснити перевезення ПТР 11 до відділення обрубки і зачистки лиття відповідно до сформованої обстановки перевезення:

– тари з поверненням зі складу відділення обрубки і зачистки лиття (передавальна секція 23) на перевантажувальний конвеєр 14 і порожньої при русі в зворотному напрямку з перевантажувального конвеєра на передавальну секцію 22 або 24;

– тари з литтям з перевантажувального конвеєра 12 на передавальну секцію 21 складу відділення обрубки і зачистки лиття та порожньої тари при русі в зворотному напрямку на перевантажувальний конвеєр 13 з передавальних секцій 22 і 24.

Алгоритм контролю тривалості циклу призначений для визначення кількості виливків, виготовлених на кожному комплексі ЛПТ за одиницю часу. Розв'язання задачі починається з опитування модуля введення число-імпульсних сигналів, підключеного до комплексу ЛПТ, тобто визначення кількості виливків, виготовлених комплексом за час роботи. З цього числа віднімається значення, отримане при попередньому опитуванні. Те ж саме виконується для інших комплексів ЛПТ.

У системі передбачена можливість введення оператором НОК з клавіатури дисплейного модуля повідомлень щодо заміни прес-форми (підпрограма ZAMPF), змінного завдання (SMEZD), а також виконання транспортних операцій ПТР 11 за командою оператора КОК.

Алгоритм "Зміна" забезпечує формування та висновок змінного рапорту, в якому вказується кількість виливків, виготовлених за зміну на кожному комплексі ЛПТ, а також максимальна кількість виливків, виготовлених за одиницю часу.

Інформацію про заміну прес-форми на якому-небудь комплексі ЛПТ вводить у систему оператор КОК. При цьому кількість виливків, виготовлених на заміненій прес-формі, заноситься за номером останньої в пам'ять УВК.

Задану кількість виливків, які мають бути виготовлені на прес-формі до нового ремонту, також вводиться в систему.

Отримавши змінне завдання, система визначає в ньому число найменувань виливків та можливість їх виконання тією кількістю комплексів ЛПТ, яку введено оператором УВК. Визначається час, необхідний на виготовлення конкретного виду виливків, як часткове відокремлення кількості виливків цієї номенклатури на середню продуктивність комплексу ЛПТ. Після цього визначається сумарний час, необхідний на виготовлення всіх виливків, зазначених у змінному завданні. Якщо часу на виконання завдання достатньо, то циклічно в декілька етапів проводиться його розподіл між комплексами ЛПТ. Спочатку призначаються змінні завдання тим комплексам, на яких можна виготовляти виливки без зміни прес-форми. Потім призначаються змінні завдання комплексам ЛПТ, яким необхідно змінити прес-форму для виготовлення нового виду виливків. Закінчується розподіл тих, що залишилися, кількостей виливків змінного завдання комплексам, які мають резерв вільного часу.

АСК ГАД ЛПТ – середній рівень керування багаторівневою АСК ливарним цехом, верхній рівень якої розв'язує оптимізаційні задачі керування виробництвом цеха, техніко-економічні та диспетчерські задачі (зберігання та оперативне оновлення даних про поточний стан складів, аналіз інформації та координування керування). Нижній рівень АСК – інформаційна система контролю параметрів технологічного процесу, що дає змогу за результатами аналізу вводити корегувальні дії.

Кожен рівень системи виконаний на основі свого КОК: верхній на базі ПЕОМ, середній і нижній – на базі контролерів. До складу середнього рівня входить автоматизоване робоче місце оператора-технолога.

До специфікованого НОК входять модулі: введення дискретних сигналів; введення число-імпульсних сигналів (підрхунок кількості виливків за зміну і продуктивності машини); виводу дискретних сигналів для керування стрілками; сполучення з інтерфейсом, призначеним для підключення відеотерміналу, печатки, зв'язки з підсистемою керування ПТР, а також вихід на верхній і нижній рівні системи.

У системі передбачена можливість роботи в налагоджувальному (ручному) режимі. Для цього на кожному ливарному модулі 1–4, у постах локальних підсистем керування стріл-

ками 10 і на кожній секції завантаження-вивантаження є кнопки 71–93, що дають змогу відключати відповідні вузли системи. Сигнал “Налагоджувальний режим” відповідного адресата надходить до УВК.

У випадку аварійної ситуації НОК видає сигнал для технологічного персоналу на сигнальні сирени 94, а екран відеотермінала – повідомлення такого вигляду:

– “ПТР 11 не з’явився на контрольний пункт після закінчення встановленої тривалості руху”;

– “не переведена стрілка для здійснення транспортної операції на відповідному модулі комплексу ЛПТ”.

Сигнал про неполадки отримує оператор УВК для подальшої ліквідації аварійної ситуації.

Висновки

Дослідження технології виробництва в цехах ЛПТ показали, що АСК цехом доцільно будувати за трирівневою ієрархічною структурою, в якій АСК гнучкої автоматизованої системи керування міститься на середньому рівні

ієрархії. Головною функцією системи є розподіл (перерозподіл) замовлень між комплексами ЛПТ у режимі реального часу з організацією своєчасної підготовки необхідної прес-форми, включаючи її нагрівання. АСК ГАД ЛПТ повинна розв’язувати інформаційні задачі у поєднанні із задачами замкнутого керування у режимі реального часу.

При розробці програмного забезпечення використані пакети прикладних програм, що містять операційну систему, мультипроцесорну систему реального часу, тестові програми і програми користувача.

Впровадження АСК ГАД ЛПТ підвищило продуктивність цеха на 20 %, знизило енерговитрати на 10 %, підвищило вихід придатного на 7 %. Керування транспортними операціями знизило простой, що викликані очікуванням необхідного рухомого устаткування, і забезпечило безаварійну роботу, звівши до мінімуму втручання людини у виробництво.

Подальші дослідження будуть спрямовані на поєднання в єдиній інтегрованій системі керування цехом АСК обрубного, плавильного відділень і складу готової продукції.

Список літератури

1. Ворошилина Л.В. Развитие гибкой автоматизации машиностроительного производства. – К.: УкрНИИТИ, 1984. – 384 с.
2. Информационная технология оперативного дистанционного мониторинга состояний объектов литейного производства / О.И. Шинский, Б.М. Шевчук, В.П. Кравченко, И.О. Шинский // Процессы литья. – 2007. – № 1-2. – С. 18–23.
3. Соломенцев Ю.М. Технологические основы гибких производственных систем. – М.: Высшая школа, 2000. – 255 с.
4. Технология и проектирование автоматизированных станочных систем / Д.Г. Коновал, А.И. Каяшев, В.Г. Митрофанов и др. // Контроль хода производства. Техническая документация. – М.: Станкин, 2001. – 101 с.
5. Design of Flexible Production Systems. Methodologies and Tools / T. Tolio, Ed. – Springer-Verlag, 2009. – 300 p.
6. Соломенцев Ю.М. Проектирование автоматизированных участков и цехов. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2000. – 272 с.
7. Апатов Ю.Л. Автоматизация производственных процессов в машиностроении (АППМ). – Киров: ВятГУ, 2001. – 75 с.
8. Богушевский В.С., Антонец Я.К. Автоматизация технологического процесса литья под давлением // Вісник Донбаської держ. машинобуд. академії. – 2012. – № 4. – С. 29–33.
9. Богушевский В.С., Антонец Я.К. Система керування машинами лиття під тиском // Наукові праці НУХТ. – 2013. – № 48. – С. 10–17.
10. Филипенко Е.В., Каарпенко В.М., Самарай В.П. Использование статистических методов анализа при мониторинге брака отливок в литейных цехах // Металл и литье Украины. – 2011. – № 5 (216). – С. 10–15.
11. Иванов В.Н. Специальные виды литья: Учеб. пособие. – М.: МГИУ, 2007. – 316 с.
12. Hurst S. Metal Casting Appropriate Technology in the Small Foundry. – London: Intermediate Technology Publications, 1996. – 227 p.
13. Beeley P. Foundry Technology. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. – 717 p.

References

1. L. Voroshulina, *The Development of Flexible Automation of Engineering Production*. Kyiv, Ukraine: UkrNIINTI, 1984, 384 p. (in Russian).
2. O. Shunskii et al., “Information technology of operational remote monitoring of foundry objects state”, *Processy Lit’ja*, no. 1-2, pp. 18–23, 2007 (in Russian).

3. U. Solomtsev, *Technological Bases of Flexible Manufacturing Systems*. Moscow, Russia: Vysshaja Shkola, 2000, 255 p. (in Russian).
4. D. Konoval *et al.*, "Technology and design of automated machine tools", in *Control of the Course of Production. Technical Documentation*. Moscow, Russia: Stankin, 2001, 101 p. (in Russian).
5. *Design of Flexible Production Systems. Methodologies and Tools*, T. Tolio, Ed. Springer-Verlag, 2009, 300 p.
6. U. Solomtsev, *Design of Automated Sites and Shops*, 2nd ed. Moscow, Russia: Vysshaja Shkola, 2000, 272 p. (in Russian).
7. U. Apatov, *Automation of Production Processes in Mechanical Engineering (APPM)*. Kirov, Russia: Vyat GU, 2001, 75 p. (in Russian).
8. V. Bogushevsky and Y. Antonevych, "Automation of the die-casting control system", *Visnyk Donbas'koyi Derzhavnoyi Mashynobudivnoyi Akademiyi*, vol. 4, pp. 29–33, 2012 (in Ukrainian).
9. V. Bogushevsky and Y. Antonevych, "Control system of die-casting machine", *Naukovi Pratsi NUKhT*, vol. 48, pp. 10–17, 2013 (in Ukrainian).
10. E. Filipenko *et al.*, "Statistical analysis methods use for castings defects monitoring in foundries", *Metall i Lit'e Ukrainy*, no. 5 (216), pp. 10–15, 2011 (in Russian).
11. V. Ivanov, *Special Types of Casting*. Moscow, Russia: MGIU, 2007, 316 p. (in Russian).
12. S. Hurst, *Metal Casting Appropriate Technology in the Small Foundry*. London, UK: Intermediate Technology Publications, 1996, 227 p.
13. P. Beeley, *Foundry Technology*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2001, 717 p.

В.С. Богушевський, Я.К. Антоневиц, О.О. Антоневиц

РОЗРОБКА ГНУЧКОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДІЛЯНКИ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

Вступ. Основний напрям розвитку ливарного виробництва на сучасному етапі – інтенсивне його переозброєння на основі гнучкого автоматизованого виробництва, що включає гнучкі автоматизовані лінії і гнучкі автоматизовані ділянки (ГАД). Створення ГАД стало можливим завдяки появі роботів і технологічних комплексів, впровадженню мікроелектроніки та обчислювальної техніки в пристрої контролю та керування.

Мета дослідження. Проаналізувати відомі автоматизовані системи керування технологічним процесом (АСКТП) та розробити ГАД лиття під тиском.

Методика реалізації. Застосовано методи комп'ютерного моделювання, розрахунків параметрів та проектування гнучких автоматичних модулів.

Результати досліджень. На базі розроблених інформаційних АСКТП комплексу ЛПТ спроектована АСК гнучкою ділянкою ЛПТ з метою координації в реальному масштабі часу на гнучкій ділянці технологічного і виробничого процесів з безперервно-дискретним характером проходження. Описано основні характеристики, наведені інформаційні та керуючі функції системи, алгоритми роботи, розглянуто й описано схеми ділянки та її частин.

Висновки. Впровадження ГАД показує їх високу ефективність: трудозатрати на виготовлення виливків знижуються в 1,5–1,8 рази, скорочується виробничий цикл і зменшується кількість працівників.

Ключові слова: гнучка автоматизована ділянка; математична модель; транспортно-технологічні операції; вилівок.

В.С. Богушевский, Я.К. Антоневиц, О.А. Антоневиц

РАЗРАБОТКА ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Вступ. Основное направление развития литейного производства на современном этапе – интенсивное его перевооружение на основе гибкого автоматизируемого производства, включающего гибкие автоматизируемые линии и гибкие автоматизируемые участки (ГАУ). Создание ГАУ стало возможным благодаря появлению роботов и технологических комплексов, внедрению микроэлектроники и вычислительной техники в устройства контроля и управления.

Цель исследования. Проанализировать известные системы автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) и разработать ГАУ литья под давлением.

Методика реализации. Применены методы компьютерного моделирования, расчетов параметров и проектирования гибких автоматизированных модулей.

Результаты исследований. На базе разработанных информационной АСУТП комплекса ЛПД спроектована АСУ гибким участком ЛПД с целью координации в реальном масштабе времени на гибком участке технологического и производственного процессов с непрерывно-дискретным характером прохождения. Описаны основные характеристики, приведены информационные и управляющие функции системы, алгоритмы работы, рассмотрены и описаны схемы участка и его частей.

Выводы. Внедрение ГАУ показывает их высокую эффективность: трудозатраты на изготовление отливок снижаются в 1,5–1,8 раза, сокращается производственный цикл и уменьшается количество работников.

Ключевые слова: гибкая автоматизированная линия; математическая модель; транспортно-технологические операции; отливки.

Рекомендована Радою
інженерно-фізичного факультету
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції
10 березня 2015 року