

В. С. Богушевский, Р. В. Самарай, В. П. Самарай

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СМАЗЫВАНИЯ ПРЕСС-ФОРМЫ В ЗАКРЫТОМ СОСТОЯНИИ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЁТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

В процессе литья под давлением смазывание пресс-форм с одной стороны обеспечивает хорошие условия съёма отливок, а с другой – смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) негативно влияет на качество отливок, вызывая газовые раковины, подтёки, загрязнения поверхности. Нужно стремиться к режиму эксплуатации пресс-формы с минимальной толщиной слоя смазочно-охлаждающей жидкости. Смазывание пресс-формы в закрытом состоянии (СПФЗС) позволяет успешно решить эти противоречия при автоматическом смазывании. Использование СПФЗС позволяет повысить надёжность работы автоматических комплексов литья под давлением (АКЛПД) и качество изготовленных на них отливок, а также устранить вышеперечисленные недостатки. Целесообразно и актуально для управления и регулирования АКЛПД использовать новейшие подходы нечёткой логики и системного анализа, а именно – нечёткие регуляторы. Применение системы регулирования смазкой литейной формы на базе регулирования нечётким регулятором позволяет более точно регулировать продолжительность подачи СОЖ для смазывания литейной формы. Расход СОЖ, при использовании СПФЗС на АКЛПД посредством управления и регулирования нечёткими регуляторами, сокращается в 10 раз, увеличивается производительность труда за счёт совмещения операций смазывания форм и прессования, значительно сокращаются выбросы СОЖ в атмосферу цеха.

Ключевые слова: нечёткая логика, система регулирования, литьё под давлением.

В процесі лиття під тиском змащування прес-форм з одного боку забезпечує хороші умови знімання виливків, а з іншого – змащувально-охолоджуюча рідина (ЗОР) негативно впливає на якість виливків, викликаючи газові раковини, підтікання, забруднення поверхні. Потрібно прагнути до режиму експлуатації прес-форми з мінімальною товщиною шару змащувально-охолоджуючої рідини. Змащування прес-форми в закритому стані (ЗПФЗС) дозволяє успішно вирішити ці протиріччя при автоматичному змащуванні. Використання ЗПФЗС дозволяє підвищити надійність роботи автоматичних комплексів лиття під тиском (АКЛПТ) і якість виготовлених на них виливків, а також усунути перераховані вище недоліки. Доцільно і актуально для управління і регулювання АКЛПТ використовувати новітні підходи нечіткої логіки та системного аналізу, а саме – нечіткі регулятори. Застосування системи регулювання змащуванням ливарної форми на базі регулювання нечітким регулятором дозволяє більш точно регулювати тривалість подачі ЗОР для змащування ливарної форми. Витрата ЗОР при використанні ЗПФЗС на АКЛПТ за допомогою управління та регулювання нечіткими регуляторами, скорочується в 10 разів, збільшується продуктивність праці за рахунок суміщення операцій змащування форм і пресування, значно скорочуються викиди ЗОР в атмосферу цеху.

Ключові слова: нечітка логіка, система регулювання, лиття під тиском.

In the process of injection molding the lubrication of molds on the one hand provides good conditions removing casts, and on the other – the lubricant and coolant fluid (LCF) affects the quality of castings causing gas sinks, leakage, contamination of surface. We must strive for usage of the mold with a minimum thickness of the lubricant and coolant fluid. Lubrication of the mold in the closed position (LMCP) can successfully resolve these contradictions with automatic lubrication. Use LMCP can increase the reliability of the automated injection molding systems (AIMS) and quality of castings made them, and eliminate the above shortcomings. It is appropriate and relevant for the control and regulation AIMS use new approaches and fuzzy logic systems analysis - namely fuzzy controllers. Application of regulation lubrication mold based on fuzzy control regulation can more accurately regulate the length of LCF filing for lubricating mold. Consumption LCF with us-

ing LMCP on AIMS by dint of fuzzy controllers and regulators reduces by 10 times, the productivity by combining operations lubricating forms and pressing increases, LCF emissions into the shop atmosphere significantly reduces.

Keywords: fuzzy logic, control system, injection molding.

Введение

В процессе литья под давлением смазывание пресс-форм, с одной стороны, обеспечивает хорошие условия съёма отливок, а с другой – смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) негативно влияет на качество отливок, вызывая газовые раковины, подтёки, загрязнения поверхности. Нужно стремиться к режиму эксплуатации пресс-формы с минимальной толщиной слоя смазочно-охлаждающей жидкости. Смазывание пресс-формы в закрытом состоянии (СПФЗС) позволяет успешно решить эти противоречия при автоматизации процесса.

Автоматизированные комплексы литья под давлением (АКЛПД), созданные на базе машин мод. CL00 400/36, все операции (от смазывания форм, заливки сплава до обрубки литников) осуществляют в автоматическом режиме [1]. Эксплуатация комплексов показала низкую надёжность существующих систем смазывания форм на основе стационарных форсунок и подвижного блока форсунок. Кроме этого, данные системы смазки имеют ряд существенных недостатков, таких как: загрязнение окружающей среды и ухудшение условий труда работников, большой расход СОЖ, необходимость переналадки форсунок при замене пресс-форм, неэффективность смазывания рабочих поверхностей форм сложной конфигурации.

Работа выполнялась в НТУУ «КПИ» по теме «Система управления машины литья под давлением на основе нечёткой логики» (государственный регистрационный номер 0114U002566).

Постановка цели исследований.

Целью исследований является повышение точности управления процессом смазывания пресс-форм.

Использование СПФЗС позволяет повысить надёжность работы АКЛПД и качество изготовленных на них отливок, а также устранить вышеперечисленные недостатки. На АКЛПД изготавливают отливки простой и средней групп сложности массой 0,1-0,4 кг с толщиной стенок $(3-8) \cdot 10^{-3}$ м в двух- и четырёхгнездной формах из сплава АЛ2. Известны технологические параметры процесса изготовления отливков на автоматизированном комплексе, которые приведены ниже.

Скорость прессования, м/с:

первой фазы.....0,4-0,6

второй фазы.....1,0-1,5

Длина первой фазы прессования, м.....0,24...0,3

Давление прессования, МПа.....27

Температура, К:

формообразующей части формы.....453...503

сплава.....953

Целесообразно и актуально для управления и регулирования АКЛПД использовать новейшие подходы нечёткой логики и системного анализа, а именно – нечёткие регуляторы.

Возможно использование устройства СПФЗС, состоящего из плунжерного насоса высокого давления ГЛИ-25 и штифтовой форсунки ФШ 1Х25. Смазывание пресс-форм происходит следующим образом: после того, как форма замкнулась, в камеру прессования подаётся очередная порция расплава, и при перекрытии пресс-поршнем заливного окна срабатывает форсунка, встроенная в камеру прессования, и обеспечивает подачу СОЖ на зеркало расплава. Под действием теплоты расплава СОЖ испаряется. За счёт разницы давлений в свободном объёме камеры прессования и в рабочей полости формы парогазовая смесь по каналам литниковой

системы поступает в рабочую полость [2]. При этом одновременно смазываются каналы литников системы, рабочие поверхности формы и выталкиватели.

Испытания СПФЗС на АКЛПД при технологических параметрах, приведённых выше, с принудительным охлаждением пресс-поршня и с использованием СОЖ, показали, что не всю номенклатуру отливок можно изготавливать без доработок пресс-форм. Опыт внедрения и эксплуатации устройств СПФЗС позволил сформулировать ряд практических рекомендаций и выводов.

Свободный объём камеры прессования на момент впрыска дозы СОЖ должен составлять более 30 % общего объёма камеры. Скорость первой фазы прессования должна сохраняться неизменной до полного сбора расплава в камере прессования и устанавливаться на уровне, обеспечивающем полное испарение СОЖ с зеркала расплава, а литниковая система должна обеспечивать перетекание парогазовой смеси в полость формы на всём протяжении этого времени. Внедрение СПФЗС, как правило, требует увеличения площади сечения каналов вентиляционной системы.

Поскольку СПФЗС осуществляется за счёт конденсации СОЖ на рабочих поверхностях формы, вследствие неравномерности их прогрева, на теплонагруженных участках формируется более тонкий слой СОЖ. Так, на стержнях, к смазыванию которых предъявляются повышенные требования по условиям съёма, вследствие их более высоких температур, слой СОЖ более тонкий. Поэтому СПФЗС требует повышенного внимания к режиму охлаждения форм: необходимо стремиться к равномерности температурного поля её рабочих поверхностей. Этого можно добиться с помощью применения дополнительного внутреннего водяного охлаждения наиболее теплонагруженных участков формы или охлаждения их аэрозолем воды или сжатым воздухом [3]. Измеряя температуру в наиболее теплонагруженных участках пресс-формы с помощью установленных датчиков, сравниваем её с оптимальной. Если она больше оптимальной, то это значит, что на теплонагруженных участках слой СОЖ меньше оптимального, и необходимо подавать большее количество СОЖ через форсунку, чтобы слой на теплонагруженных участках пресс-формы достиг оптимальной толщины.

Применение системы регулирования смазывания литейной формы на базе регулирования нечётким регулятором позволяет более точно регулировать продолжительность подачи СОЖ для смазывания литейной формы, так как процесс является нестационарным. Применяем стандартную схему системы управления с нечётким регулятором (НР) [4] (рисунок).

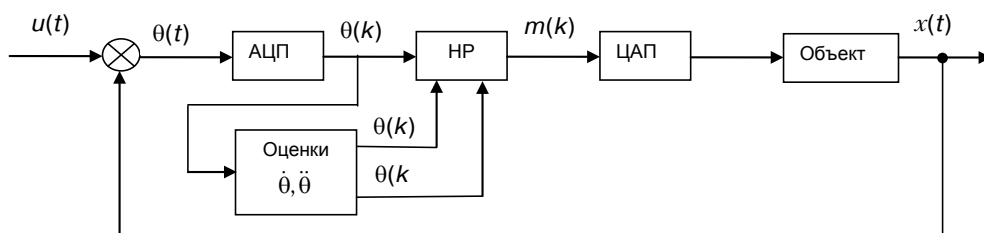


Схема управления с цифровым регулятором: АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

НР реализуется на микропроцессоре и работает в дискретном режиме. Поэтому система автоматического управления с НР содержит устройства связи с объектом – АЦП и ЦАП. АЦП квантует непрерывную ошибку $\theta(t) = u(t) - x(t)$ с шагом квантования h .

При решении задачи синтеза нечёткого регулятора принимаем число термов, с помощью которого оцениваются лингвистические переменные (входные и выходной параметр НР), ошибки системы в регулировании количества СОЖ θ , скорость изменения (первая производная), ошибки $\dot{\theta}$, ускорение (вторая производная) ошибки $\ddot{\theta}$, управляющее воздействие на объект. Лингвистическое правило управления представляется в определённом виде для проведения расчётов [5].

После проведения всех расчётов и сравнений, определяется продолжительность подачи СОЖ. Таким образом, подачу СОЖ необходимо прекратить в момент достижения равенства соответствующего выражения.

СПФЗС обеспечивает получение минимально необходимой толщины слоя СОЖ на рабочих поверхностях форм, но для обеспечения хороших условий снятия отливок необходимо сохранить целостность этого слоя при запрессовке расплава [6]. Поэтому при проектировании систем литников необходимо обращать особое внимание на правильность выбора места подвода металла к отливке, так как в этих местах происходит наибольший смыв СОЖ. При разработке нового СОЖ для СПФЗС необходимо повысить устойчивость его к смыву расплавом, этого можно добиться увеличением вязкости основы.

При снятии отливок недопустимым является их перекося по вине устройств выталкивания и конструкции стержней, учитывая незначительную толщину слоя СОЖ на рабочих поверхностях формы. По той же причине нужно внимательно относиться к введению в эксплуатацию новых комплексов, пресс-форм и степени износа частей пресс-форм. Необходима разработка СОЖ с более высокими противозадирными свойствами.

Выводы

Расход СОЖ, при использовании СПФЗС на АКЛПД посредством управления и регулирования нечёткими регуляторами, сокращается в 10 раз, увеличивается производительность труда за счёт совмещения операций смазывания форм и прес-сования, значительно сокращаются выбросы СОЖ в атмосферу цеха. Недостатки устройств СПФЗС: не исключены случаи забивания распылителя штифтовой форсунки расплавом. В целом СПФЗС обеспечивает получение качественных отливок и заслуживает более широкого внедрения.



Список литературы

1. Смазывание форм в закрытом состоянии на роботизированных комплексах литья под давлением / Н. В. Плехов, В. Н. Зеленов, Л. И. Жутаев и др. / Литейн. пр-во. – 1989. – № 2. – С. 29-30.
2. АСУТП машин литья под давлением / В. С. Богушевский, В. Н. Иванов, Н. А. Рюмшин, и др. – К.: НПК “Киевский институт автоматики”, 1994. – 239 с.
3. Богушевский В. С. Тепловая работа пресс-формы машины литья под давлением / В. С. Богушевский, Я. К. Антоневич // Металл и литьё Украины. – 2012. – № 6. – С. 7-9.
4. Богушевський В. С. Управління конвертерною плавкою в режимі енергозбереження / В. С. Богушевський, К. М. Зубова // Науково-технічна інформація. – 2013. – №1 (55). – С. 52-56.
5. Богушевский В. С. Система регулирования температуры пресс-формы на основе нечёткой логики / В. С. Богушевский, Р. В. Самарай // Металл и литьё Украины. – 2014. – № 3. – С. 16-20.
6. Богушевський В. С. АСКТП комплексу лиття під тиском / В. С. Богушевський // Автоматизація виробничих процесів. – 2001. – № 2 (13). – С. 53-55.

Поступила 19.02.2015