

УДК 004.896

УПРАВЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ УДАЛЕНИЕМ ОКАЛИНЫ С ЛИСТОВОГО ПРОКАТА НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

А. Н. Шуш ура

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: 050-470-15-67

E-mail: leshu@i.ua

К. Н. Зайцев *

Контактный тел.: 095-836-90-13

E-mail: konstant913@ukr.net

*Институт информатики и искусственного интеллекта
Донецкий национальный технический университет
ул. Артема, 58, г. Донецк, Украина, 83001

У статті запропоновано спосіб управління гідравлічним видаленням окалини з листового прокату на основі генетичних алгоритмів. Запропонований метод дозволить визначити значення керуючих змінних в системах гідрозбиву окалини, завдяки чому вдасться зменшити витрату води і електроенергії при забезпеченні високої якості збиву

Ключові слова: гідрозбив, генетичний алгоритм, питома енергія видалення окалини

В статье предложен способ управления гидравлическим удалением окалины с листового проката на основе генетических алгоритмов. Предложенный метод позволит определять значение управляющих переменных в системах гидрозбива окалины, благодаря чему удастся уменьшить расход воды и электроэнергии при обеспечении высокого качества сбива

Ключевые слова: гидрозбив, генетический алгоритм, удельная энергия удаления окалины

1. Введение

В печах при горячей прокатке на поверхности проката образуется воздушная (вторичная) окалина. Если окалина своевременно не удаляется, то она вкатывается при прокатке в основной металл листа, снижая качество поверхности, эксплуатационные и механические свойства проката, а также приводит к уменьшению срока службы рабочих валков клетей стана [1].

Для удаления первичной и вторичной окалины наибольшее применение получил гидравлический способ очистки слябов – гидрозбив. Этот способ заключается в нагнетании на поверхность изделия струй воды из сопел, при давлении воды в коллекторе не менее 16 МПа [2,3].

Как было показано в [2], наиболее рациональным подходом для определения основных параметров коллектора для гидравлического удаления окалины является подход, основанный на обеспечении необходимой энергии струй жидкости для удаления окалины, которая является специфической для каждой марки стали [3]. Авторы [2] доказали, что нет необходимости расходовать больше энергии, создаваемой струями жидкости, чем требуется для конкретной марки стали и типа окалины.

Достичь требуемой энергии удаления окалины возможно, варьируя значения управляющих переменных, причем существует несколько комбинаций, обеспечивающих требуемую энергию удаления окалины. Поэтому задача сводится к выбору наиболее выгодной комбинации. Высокие показатели в решении подобных задач показало применение генетических алгоритмов.

2. Постановка задачи

Общий вид установки для гидрозбива представлен на рис. 1.

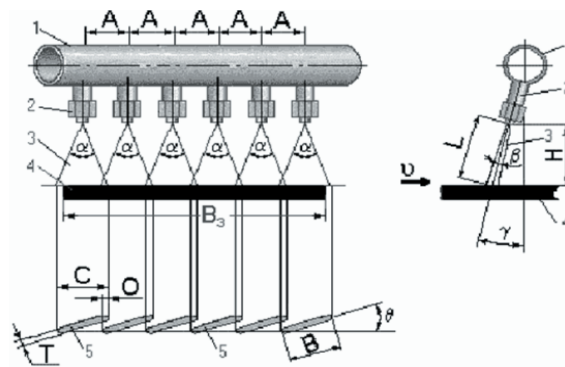


Рис. 1. Установка гидрозбива окалины

Как видно из рис. 1, в общем виде установка включает в себя траверсу (1) (верхнюю и нижнюю), на которую монтируются сопла (форсунки) (2). Исследования [3] показали, что для эффективного удаления окалины целесообразно управлять положением траверсы, расстоянием между соплами, углом поворота форсунок. Авторами [4] была выведена зависимость между ударной нагрузкой, приходящейся на квадратный метр поверхности e и параметрами сбива:

$$e = \frac{\sqrt{p} \cdot V \cdot \cos^2 \gamma}{9H^3 \cdot v \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot \cos \theta} \tag{1}$$

где p - рабочее давление воды; V - объемный расход воды; H - высота установки сопла над поверхностью обрабатываемого проката; v - скорость движения проката; α - угол раскрытия струи воды в продольном направлении сечения струи; β - угол раскрытия струи воды в поперечном направлении сечения струи; γ - угол наклона струи воды к поверхности обрабатываемого проката; θ - угол разворота сопла относительно продольной оси сечения сопла.

В результате исследований [5] было выявлено, что наиболее значимыми параметрами для систем гидросбива являются: объемный расход воды V ; высота установки сопла над поверхностью обрабатываемого проката H и угол раскрытия струи воды в поперечном направлении сечения этой струи β . Менее значимыми являются: скорость движения проката v ; угол раскрытия струи воды в продольном направлении α и рабочее давление воды p ; угол наклона струи воды к поверхности обрабатываемого проката γ и угол разворота сопла θ не оказывают значительного влияния на энергию удаления окалины.

Опираясь на вышеизложенные результаты можно сделать вывод, что управление переменными V , H , β , а также v , α , p обеспечивает высококачественную очистку поверхности проката. Однако величины V , β , α определяются моделью выбранной форсунки и их корректировка в режиме реального времени затруднительна, изменение же скорости движения проката v крайне нежелательно ввиду непрерывности процесса прокатки. Значит, реально возможно осуществлять управление только величинами H , p и γ . Изменение каждой величины в режиме реального времени сопряжено с существенными энергетическими затратами. Целесообразно подбирать значения управляющих переменных гидросбива так, чтобы на их установку тратилось наименьшее количество энергии.

Целью данной работы является разработка алгоритма и, на его основе, программного обеспечения для системы управления гидросбивом окалины, позволяющей осуществлять удаление окалины с минимальными энергетическими затратами при неизменно высоком качестве очистки. Для достижения цели выполняется формализация задачи управления и разрабатывается генетический алгоритм ее решения, проводится численное исследование алгоритма.

3. Формализация задачи управления гидросбивом окалины

Рассмотрим целевой критерий и ограничения задачи. Для эффективного сбива окалины требуется достижения удельной энергии удаления e^* , достаточной для разрушения окалины конкретного типа и определяемой для каждого участка листа проката на основе термограмм в режиме реального времени. Превышение этого значения не целесообразно из-за дополнительного расхода воды. Кроме того, нужно

минимизировать затраты на управление. Поэтому, используя формулу (1), критерий управления можно представить в виде:

$$f(H, p, \gamma) = \left| \frac{10^3 \cdot \sqrt{p} \cdot V^2 \cdot \cos^2 \gamma}{8H^3 \cdot v \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot \cos \theta} - e^* \right| + c_1 |p - p_0| + c_2 |H - H_0| + c_3 |\gamma - \gamma_0| \rightarrow \min, \quad (2)$$

где p_0 , H_0 , γ_0 - текущие значения соответственно давления воды, высоты установки сопла и угла наклона струи; c_1 , c_2 , c_3 - коэффициенты, отражающие затраты на изменение соответствующих управляющих воздействий.

Существует ряд ограничений, связанных с техническим обеспечением системы. Так, система гидросбива может обеспечить давление от 10 до 60 Мпа; высота варьируется в пределах от 11 до 50 мм; максимальный угол поворота сопла составляет 30°. Поэтому управляющие переменные находятся в следующих пределах:

$$\begin{cases} 10 \leq p \leq 60; \\ 11 \leq H \leq 50; \end{cases} \quad (3)$$

$$\gamma \leq 30.$$

Поставленная задача относится к классу нелинейных оптимизационных задач, для решения которых целесообразно использовать генетические алгоритмы.

4. Синтез генетического алгоритма управления гидросбивом окалины

Разработка генетического алгоритма требует определения вида хромосомы, формализации фитнес-функции, выбора генетических операторов.

В системе используется целочисленное кодирование, которое будет соответствовать требуемому значению управляющих переменных: давление воды в соплах, положение траверсы, угол поворота сопла. Поэтому хромосома в таком случае будет иметь вид:

$$X = \{x_1, x_2, x_3\}, \quad (4)$$

где x_1 - давление жидкости в сопле; x_2 - высота расположения траверсы; x_3 - текущий угол поворота сопла.

Учитывая критерий (2) и ограничения (3), фитнес-функция будет иметь вид:

$$ff = \left(\frac{10^3 \cdot \sqrt{x_1} \cdot V^2 \cdot \cos^2 x_3}{8x_2^3 \cdot v \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot \cos \theta} - e^* \right) + c_1 |x_1 - p_0| + c_2 |x_2 - H_0| + c_3 |x_3 - \gamma_0| \cdot l \cdot m \cdot n \rightarrow \min, \quad (5)$$

Переменные l , m , n , отражающие ограничения задачи, рассчитываются по формулам:

$$l = \begin{cases} 1, & \text{если } 10 \leq x_1 \leq 60 \\ 1000, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (6)$$

$$m = \begin{cases} 1, & \text{если } 11 \leq x_2 \leq 50 \\ 1000, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (7)$$

$$n = \begin{cases} 1, & \text{если } x_3 \leq 30 \\ 1000, & \text{иначе} \end{cases} \quad (8)$$

Для реализации генетического алгоритма требуется выбрать генетические операторы. В реализуемом алгоритме были использованы, как наиболее распространенные, следующие операторы:

- отбор рулеткой;

ского комбината [1]. С целью проверки эффективности алгоритма был смоделирован эксперимент, проводимый авторами в статье [1]. В ходе эксперимента траверса из положения $H = 0,045$ м перемещалась в положение $H = 0,011$ м с последующей подачей давления на сопла. Для тех же условий были выполнены расчеты на основе разработанного генетического алгоритма. Сравнение результатов приведено в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительные результаты моделирования

Статистические данные значений параметров сбива низконапорной машины							
p(Па)		e(Дж/м ²)		H(м)		γ(°)	
предыдущего цикла	текущего цикла	предыдущего цикла	текущего цикла	предыдущего цикла	текущего цикла	предыдущего цикла	текущего цикла
0	50000	0	2371,261	0,045	0,011	0	0
0	100000	0	6572,8	0,045	0,011	0	0
0	150000	0	12025,31	0,045	0,011	0	0
Результаты расчета по разработанному генетическому алгоритму							
p(Па)		e(Дж/м ²)		H(м)		γ(°)	
предыдущего цикла	текущего цикла	предыдущего цикла	текущего цикла	предыдущего цикла	текущего цикла	предыдущего цикла	текущего цикла
0	47000	0	2400	0,045	0,012	0	22
0	98000	0	6572,8	0,045	0,016	0	12
0	148000	0	12025	0,045	0,018	0	13

- одноточечный кроссинговер;
- простая мутация.

Начальная популяция формируется на основе текущих значений параметров гидросбива. На каждой очередной итерации алгоритма рассчитываются значения функции приспособленности для всех хромосом этой популяции, после чего проверяется условие остановки алгоритма и либо фиксируется результат в виде хромосомы с наибольшим значением функции приспособленности, либо осуществляется переход к следующему шагу генетического алгоритма. На основе генетического алгоритма было разработано программное обеспечение, выполняющее расчет значений управляющих переменных.

5. Численное исследование

В рамках численного исследования алгоритма был проведен сравнительный анализ его работы с результатами исследований подходов к управлению гидросбивом, проводившихся ранее [1]. В качестве системы гидросбива окалины, на которой проводились исследования, выступала низконапорная машина, смонтированная на стане 2000 Новолипецкого металлургиче-

Анализируя результаты моделирования, можно сделать вывод об эффективности разработанного алгоритма по сравнению с использованным авторами в работе [1], поскольку для достижения той же удельной энергии удаления окалины требуется меньшее давление жидкости на соплах, что обеспечивает меньший расход воды.

6. Выводы

В данной работе предложен способ управления гидравлическим удалением окалины с листового проката, который, в отличие от существующих, основан на расчете параметров гидросбива с помощью генетического алгоритма. В рамках решения задачи проведен анализ конструкции установки гидросбива и выделены управляющие переменные, формализован критерий управления и ограничения. Для расчета значений управляющих переменных разработан генетический алгоритм и проведено его численное исследование. Практическое применение результатов работы позволяет уменьшить расход воды и электроэнергии при обеспечении высокого качества очистки окалины.

Литература

1. Чекулаев Е.Ф. Промышленные исследования энергетических параметров низконапорной машины гидросбива окалины / Чекулаев Е.Ф., Денщик Р.В. // Восточно-европейский журнал передовых технологий – 2005 – С. 21-24.
2. N.J. Silk. The impact energy primary descaling / N.J. Silk. // Steel Times. – 1999. – №5. – P.184 – 185.
3. Руденко В.И., Определение основных параметров устройств для гидравлического удаления окалины / Руденко В.И., Суков Г.С., Руденко Р.В., Ошовская Е.В., Антыкуз О.В. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2004. – №4. – С. 28-30.

4. Руденко В.И. Обоснование управляющих параметров гидравлических устройств удаления окалины / Руденко В.И., Суков Г.С., Руденко Р.В., Ошовская Е.В., Антыкуз О.В. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2004. Вып. 27. – С. 186-190.
5. Антыкуз О.В. Разработка конструкции и исследование энергосиловых параметров усовершенствованного устройства для гидросбива окалины с поверхности листа – Донецк: ДонНТУ, 2004.

Abstract

Hydraulic descaling is one of the most progressive method for scale removal in metallurgy. The most rational way to identify key reservoir parameters for hydraulic descaling is to provide the necessary liquid jets energy to remove the scale. These parameters are specific for each grade of steel. Specific scale deleting energy e^ achieving is needed to provide the effectively scale removing. Scale density is defined by real time thermal images for each section of steel sheet. Value e^* exceeding is due to the additional water flow. Also, we need to minimize the cost of management.*

Therefore the control criterion can be represented as function of three variables $f(H,p,\gamma)$.

Presented in the above problem belongs to a class of nonlinear optimization problems. That's why it is advisable to use genetic algorithms. The system uses an integer encoding that match to the desired control variables value: the water pressure in the nozzles, beam position, angle nozzle.

The authors have developed a fitness function of the system.

The following statements have been used in algorithm:

- selection of roulette;
- single-point crossover;
- simple mutation.

Authors have developed software to perform the calculation of the control variables values

Keywords: *descaling, genetic algorithms, specific scale deleting energy*

В статті розглянута одна з основних задач системи оперативного планування поїзної роботи залізниць: забезпечення порожніми вагонами та їх передача між станціями, сусідніми дирекціями, залізницями. Сформована цільова функція щодо оптимізації використання порожнього парку вагонів

Ключові слова: *оперативне планування, генетичний алгоритм, хромосома, функція пристосованості, раціональний розподіл вагонів*

В статье рассмотрена одна из основных задач системы оперативного планирования поездной работы железных дорог: обеспечение порожними вагонами и их передача между станциями, соседними дирекциями, железными дорогами. Сформирована целевая функция оптимизации использования порожнего парка вагонов

Ключевые слова: *оперативное планирование, генетический алгоритм, хромосома, функция приспособленности, рациональное распределение вагонов*

УДК 656.223.2.001.18

ВИЗНАЧЕННЯ ЦІЛЬОВОЇ ФУНКЦІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ПОРОЖНЬОГО ПАРКУ ВАГОНІВ

Л.І. Рибальченко

Аспірант, асистент

Кафедра управління експлуатаційною роботою
Українська державна академія залізничного
транспорту

м. Фейєрбаха ,7, м. Харків, Україна, 61050

Контактний тел.: (057) 730-10-88

E-mail: rubalchenko_liliya@mail.ru

1. Вступ

В умовах розвитку транспортного ринку одним із ключових питань для системи перевезень є своєчасне забезпечення вагонами необхідного типу

усіх відправників вантажу відповідно їх заявок. Але вирішення цього питання ускладнюється у зв'язку з великим відсотком зношеності рухомого складу. Для придбання нового рухомого складу потрібні значні капіталовкладення, тому постає проблема