

УДК 53.084.823

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАКАЛКИ ПРЕССОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Владимир Алексеевич Крылов

*Магистр 2 года,**кафедра «Технологии обработки давлением»**Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: А.А. Шитиков,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки давлением»*

Цель работы: создание оптимизационного алгоритма, который позволяет минимизировать коробление и обеспечивает требуемые механические свойства алюминиевого профиля при закалке после прессования с применением конечно-элементного моделирования в модуле QForm «Охлаждение профилей».

Поиск критерия оптимизации

В модуле QForm «Охлаждение профилей» моделирование задачи закалки разделяется на два этапа: решение 2D-тепловой и 3D-деформационной задач. Оптимизация ведется по результатам решения первого этапа.

В качестве входного параметра для оптимизации принят вектор значений $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i\}$ давлений соответствующих массивов спрейеров закалочной станции, так как значение давления в модуле задается пользователем как один из главных параметров технологического процесса.

Для численной характеристики распределения температуры по сечению профиля во время закалки был введен интегральный показатель 5% перцентиля температурного поля по времени:

$$y(t) = \int_0^t T_{5\%}(t) dt \quad (1)$$

Тогда критерий оптимизации для уменьшения коробления примет вид:

$$\psi = \frac{T_{5\%o-record} \cdot t_k - \int_0^{t_k} T_{5\%}(t) dt}{T_{5\%o-record} \cdot t_k}, \quad (2)$$

где $T_{5\%o-record}$ – значение 5% перцентиля на нулевой записи расчета, t_k – время завершения процесса закалки, $\int_0^{t_k} T_{5\%}(t) dt$ – интеграл 5% перцентиля по времени процесса закалки.

В таком случае, задача оптимизации может быть записана следующим образом:

$$\underset{X}{\operatorname{argmin}} \psi(X), X \in [X_{min}, X_{max}] \quad (3)$$

На стадии решения 2D-задачи доступно поле «O», которое показывает процентное распределение отожженного состояния сплава. В отожженном состоянии механические свойства сплава минимальны.

Максимальная потеря свойств может быть обнаружена, в общем случае, на последнем шаге расчета. Поэтому дополнительным условием для критерия может служить сравнение максимального процента отожденного состояния в сечении на последнем шаге с допустимым значением, заданным пользователем. Тогда окончательный критерий оптимизации:

$$\begin{cases} \operatorname{argmin}_X \psi(X), X \in [X_{min}, X_{max}] \\ \varphi_{max}(X) \leq \varphi_{accept}, X \in [X_{min}, X_{max}] \end{cases} \quad (4)$$

где $\varphi_{max}(X)$ – максимальное процентное значение поля «О» на последнем шаге расчета, φ_{accept} – допустимое значение отожденного состояния, заданное пользователем.

Проблема оптимизации дискретных функций

Рассматриваемая задача представляет собой поиск глобального экстремума целевой функции в n -мерном пространстве решений. При этом сама функция является дискретной. Поэтому для решения поставленной оптимизационной задачи могут быть применены методы прямого поиска, требующие только определения значения функции в точках пространства решения. К таким методам, в частности, относится метод имитации отжига, применяемый в данном алгоритме [2].

Заключение

1. Предложен критерий оптимизации, который позволяет уменьшить коробление профиля при закалке.
2. Оптимизационный алгоритм задействует только решение 2D-задачи в QForm, что позволяет сократить время оптимизации процесса закалки в протяженных закалочных станциях с множеством массивов спрейеров и охлаждающих зон.
3. Текущая реализация применяемого алгоритма требует только наличия файла расчета, где будут заданы значения давлений в массивах спрейеров в качестве начального приближения.
4. В ходе двух тестовых оптимизационных задач удалось добиться снижения деформаций профиля в среднем на 50% с сохранением высоких прочностных свойств: более 95% от исходного варианта.

Литература

1. *Hall, D. & Mudawar, Issam.* (1995). Predicting the Impact of Quenching on Mechanical Properties of Complex-Shaped Aluminum Alloy Parts. *Journal of Heat Transfer-transactions of The Asme - J HEAT TRANSFER.* 117. 479-488. 10.1115/1.2822547.
2. *Корнеев, А. М.* Варианты организации и общие схемы алгоритма стохастической оптимизации на основе метода имитации отжига / А. М. Корнеев, А. В. Суханов, И. А. Шипулин // *Theoretical & Applied Science.* – 2018. – № 3(59). – С. 1-5. – DOI 10.15863/TAS.2018.03.59.1. – EDN YVNBFT.