

Хейфец М.Л. Президиум НАН Беларуси,
Кусакин Н.А. Институт «Кадры индустрии», Минск
Алексеева Т.А. Полоцкий государственный
университет, Новополоцк
Новиков А.В. Завод «Проммашремонт», Полоцк, Беларусь

УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА МНОГОФАКТОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО И СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Управление и контроль в технологической системе рассмотрим на примере многофакторной операции комбинированной обработки поверхностного слоя детали.

Наиболее сложная технологическая операция совмещает термообработку с удалением дефектного поверхностного слоя резанием и упрочняющим деформированием обрабатываемой поверхности. Для временного снижения прочности снимаемого дефектного слоя используется нагрев, а для удаления припуска и деформирования поверхности применяется режущий инструмент.

В качестве статистической модели комбинированной обработки целесообразно применять полиномиальные (проще всего квадратичные функции), а для их построения и оценивания использовать многофакторный дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ.

Для комплексной оптимизации параметров качества и управления операцией комбинированной обработки рационально использовать диаграмму «причины – результат» (рис. 1), для которой в качестве цели рассматривать обобщенную функцию желательности Харрингтона (рис. 2).

Для отдельных желательностей d_i составляются шкалы (см. рис. 2) исходя из значимости параметров Y_1, \dots, Y_4 и возможностей их регулирования технологическими факторами X_1, \dots, X_4 согласно диаграмме «причины – результат» (см. рис. 1).

Управлять операцией целесообразно с помощью наиболее влиятельных в уравнении регрессии и наименее коррелированных с другими факторов.

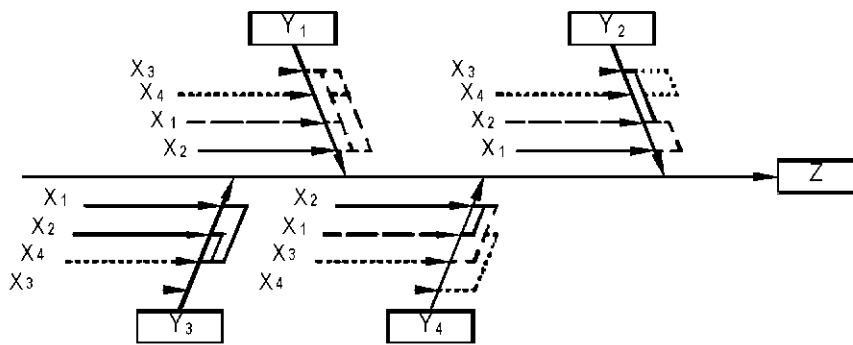


Рисунок 1 – Диаграмма «причины – результат» для управления операцией комбинированной обработки

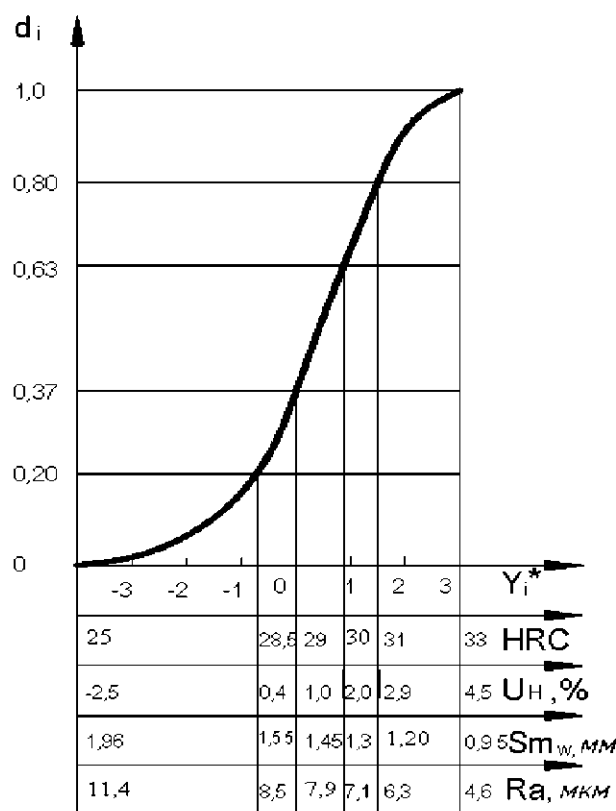


Рисунок 2 – Функция d_i и шкалы желательности Y_i^* параметров оптимизации операции комбинированной обработки

Поэтому для обеспечения требуемых параметров наилучшим образом подходят следующие факторы: C_1 – кинематические $X_2 = L$ и $X_3 = S$ (L – расстояние от пятна нагрева до режущей кромки инструмента; S – скорость подачи инструмента) и C_2 – термомеханические $X_1 = I$ и $X_4 = V$ (I – сила тока плазменной дуги; V – скорость главного движения). Исходные параметры процесса: I_1 – геометри-

ческие $Y_3 = Sm$ и $Y_4 = Ra$ (Sm , – волнистость; Ra – шероховатость поверхности) и I_2 – физико-механические $Y_1 = HRC$ и $Y_2 = U_H$ (HRC – твердость; U_H – степень упрочнения материала). Мало изменяющиеся характеристики: M_1 – размещение концентрированного источника энергии относительно обрабатываемой поверхности (h_c – удаление сопла плазматрона от обрабатываемой поверхности; t – глубина резания при удалении дефектного слоя) и M_2 – мощность источника (G_g – расход плазмообразующего газа; U_d – напряжение плазменной дуги). Требуемые выходные параметры качества: O_1 – геометрические (Sm, Ra) и O_2 – физико-механические (HRC, U_H).

Согласно полученным из уравнений регрессии данным, при структурном анализе процесса комбинированной обработки, для детализации на SADT-диаграмме технологической операции – резания с предварительным плазменным нагревом удаляемого слоя целесообразно разделять группы физико-механических и геометрических параметров качества (рис. 3, а).

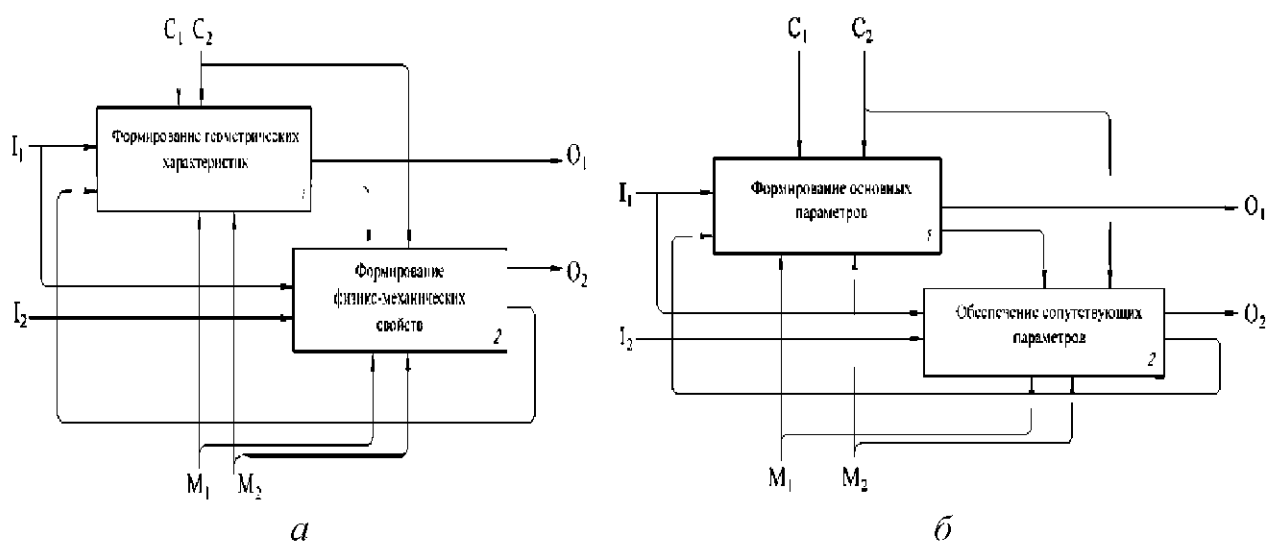


Рисунок 3 – SADT-диаграммы для операции комбинированной обработки (б)

В результате статистического анализа полученных многофакторным планированием экспериментов квадратичных моделей, установлено, что для управления геометрическими параметрами следует использовать кинематические факторы и рационально размещать инструмент, а для управления физико-механическими параметрами – термомеханические факторы и регулировать мощность концентрированного источника энергии (рис. 3, б).

Таким образом, изучение специфики управления многофакторной технологической операцией позволяют заключить, что сочетание статистического и структурного анализа обеспечивает управление комбинированной обработкой по комплексу параметров качества, а также оптимизацию факторов, которыми следует управлять и параметров, которые следует контролировать в режиме реального времени.