

О. А. МЕДВЕДЕВ, В. Ф. ГРИГОРЬЕВ

Учреждение образования

«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Брест, Беларусь

Определение оптимальных режимов резания материалов необходимо при проектировании высокоэффективных концентрированных операций механической обработки, выполняемых на дорогостоящих станках с ЧПУ, в гибких производственных системах и на автоматических линиях. Традиционные методики расчета режимов сверления, изложенные в учебной и справочной литературе, не обеспечивают определение оптимальных режимов сверления при комплексном учете ограничивающих факторов, что приводит к необходимости последующей трудоемкой корректировки режимов. Для усовершенствования методики расчета режимов сверления необходимо: обоснование выбора объективной функции оптимизации режимов и составление ее математического выражения; разработка математических выражений для наиболее существенных ограничений режимов сверления; разработка процедуры определения оптимальных режимов сверления.

Наиболее комплексным показателем эффективности сверления, зависящим от режимов является себестоимость, пропорциональная штучному времени сверления. В состав штучного времени входят лишь две составляющие, непосредственно зависящие от режимов резания: основное технологическое время и доля времени на смену инструмента в расчете на одну деталь. Анализ нормативов времени на сверление показал, что вторая составляющая пренебрежимо меньше первой, что дает возможность принять в качестве функции оптимизации минутную подачу сверла ( $n \cdot s = \max$ ), так как ее максимум достигается практически при тех же значениях входных управляемых параметров режима (частота вращения сверла  $n$  и обратная подача  $s$ ), что и минимум себестоимости. Теоретически, максимум минутной подачи будет достигнут при бесконечно больших значениях  $n$  и  $s$ , которые нельзя реализовать ввиду действия ряда технологических ограничений. В ходе исследования математические модели основных ограничений получены на основе дополнений и преобразований известных выражений для скорости резания, осевой силы, крутящего момента при сверлении.

Ограничение по стойкости сверла

$$n \cdot s^y \leq \frac{1000 \cdot C_v \cdot D^q \cdot K_v}{\pi \cdot D \cdot T^m}.$$

Ограничение по мощности привода главного движения станка

$$n \cdot s^y \leq \frac{975 \cdot N \cdot \eta}{C_M \cdot D^q \cdot K_p}$$

Ограничение по предельной силе, привода осевой подачи станка

$$s^y \leq \frac{P_T}{10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot K_p}$$

Ограничение по крутящему моменту, передаваемому хвостовиком сверла с конусом Морзе

$$s^{(y_M - y_p)} \leq \mu \frac{C_p \cdot (D_k + d_k) \cdot (1 - 0,04 \Delta \alpha)}{4 \sin \alpha/2 \cdot C_M \cdot D^{(q_M - q_p)}}$$

Ограничения по предельным паспортным частотам вращения и подачам шпинделя станка

$$n \geq n_{\min}; \quad n \leq n_{\max} \quad s \geq s_{\min} \quad s \leq s_{\max}$$

В формулах ограничений приняты следующие обозначения:  $n$  – частота вращения сверла,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $s$  – оборотная подача,  $\text{мм/об}$ ;  $C_v$  и  $C_m$  – параметры обрабатываемости;  $D$  – диаметр сверла,  $\text{мм}$ ;  $T$  – нормативная стойкость сверла,  $\text{мин}$ ;  $K_v$  и  $K_p$  – поправочные коэффициенты на скорость резания и силовые факторы;  $m, y, y_p, y_m, q, q_m, q_p$  – показатели степени;  $\eta$  – КПД привода главного движения станка;  $\mu$  – коэффициент трения;  $P_T$  – сила привода осевой подачи станка,  $\text{н}$ ;  $D_k$  – больший диаметр конуса Морзе,  $\text{м}$ ;  $d_k$  – меньший диаметр конуса Морзе,  $\text{м}$ ;  $\alpha$  – угол конусности хвостовика сверла;  $\Delta \alpha \approx 10'$  – погрешность угла конусности хвостовика.

Определение оптимумов  $n$  и  $s$  на основе предлагаемых моделей функции оптимизации и технологических ограничений можно выполнить наглядно путем построения их графиков. Для упрощения графического определения целесообразно привести эти выражения к линейному виду путем логарифмирования.

Для удобства практического использования предлагаемой методики в табличном редакторе Excel разработана компьютерная программа для совместного решения неравенств ограничений и функции оптимизации для определения оптимальных режимов сверления без трудоемких графических построений. Предлагаемая методика может быть полезна разработчикам техпроцессов механической обработки деталей.