

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ СВЕРЛАМИ СИСТЕМЫ ВТА: СИЛОВОЙ ФАКТОР

Баранов А.В., Евдокимов М.А.

*Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева, Рыбинск*

Ключевые слова: обработка отверстий, сверление по системе ВТА, математическое моделирование, САПР режимов резания.

Аннотация. Рассматриваются вопросы, связанные с расчетным определением составляющих силы резания с целью управления технологической наследственностью при выполнении операции сверления по системе ВТА. Чтобы управлять процессом технологического наследования при обработке отверстий, требуется надёжный математический аппарат, максимально учитывающий особенности процесса резания на данной операции, в том числе для расчета сил резания.

STUDY OF TECHNOLOGICAL HEREDITY IN PROCESSING HOLES WITH VTA SYSTEM DRILLS: POWER FACTOR

Baranov A.V., Evdokimov M.A.

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk

Keywords: hole processing, drilling according to the VTA system, mathematical modeling, CAD of cutting modes.

Abstract. The issues related to the calculation of the cutting force components for the purpose of managing technological heredity when performing a drilling operation according to the STS system are considered. In order to manage the process of technological heredity when processing holes, a reliable mathematical apparatus is required that takes into account the features of the cutting process in this operation as much as possible, including for calculating cutting forces.

Наиболее распространенная система, применяемая для высокоточного высокопроизводительного глубокого сверления – это система ВТА [1-3].

На рисунке 1 показана полная схема для расчета сил резания для режущего элемента (РЭ). Здесь представлены следующие параметры процесса резания:

$R_c = \frac{\tau_p a_1 b_1}{\sin \beta_1}$ – сила пластического сдвига элементов стружки, Н; a_1 и b_1 –

соответственно, толщина и ширина среза, м [3]; τ_p – сопротивление обрабатываемого материала пластическому сдвигу [4], Па; β_1 – угол наклона условной плоскости сдвига, рад ($\tan \beta_1 = B$); γ и α – передний и задний главные углы РЭ, рад; F – сила трения и пластических деформаций стружки по передней поверхности зуба инструмента, Н; N – нормальная к передней поверхности РЭ сила, Н; R – сила стружкообразования (равнодействующая сил F и N), Н; N_c – нормальная к плоскости сдвига сила, определяющая внутреннее трение в плоскости АВ, Н; η_c – угол трения в плоскости сдвига (между силами R и N_c), рад; η_m – угол трения на передней поверхности РЭ (между силами R и N), рад;

θ – угол трения между силами R и F , Н; R_z – горизонтальная составляющая силы стружкообразования, Н; R_y – вертикальная составляющая силы стружкообразования, Н; P^D – сила смятия металла, Н; ω – угол, заключенный между силами R и R_z , рад; Ψ_c – угол наклона касательной к наружной границе, рад; h и h_y – соответственно, толщины упругопластического подминаемого слоя и величина упругого восстановления металла после прохождения РЭ, м.

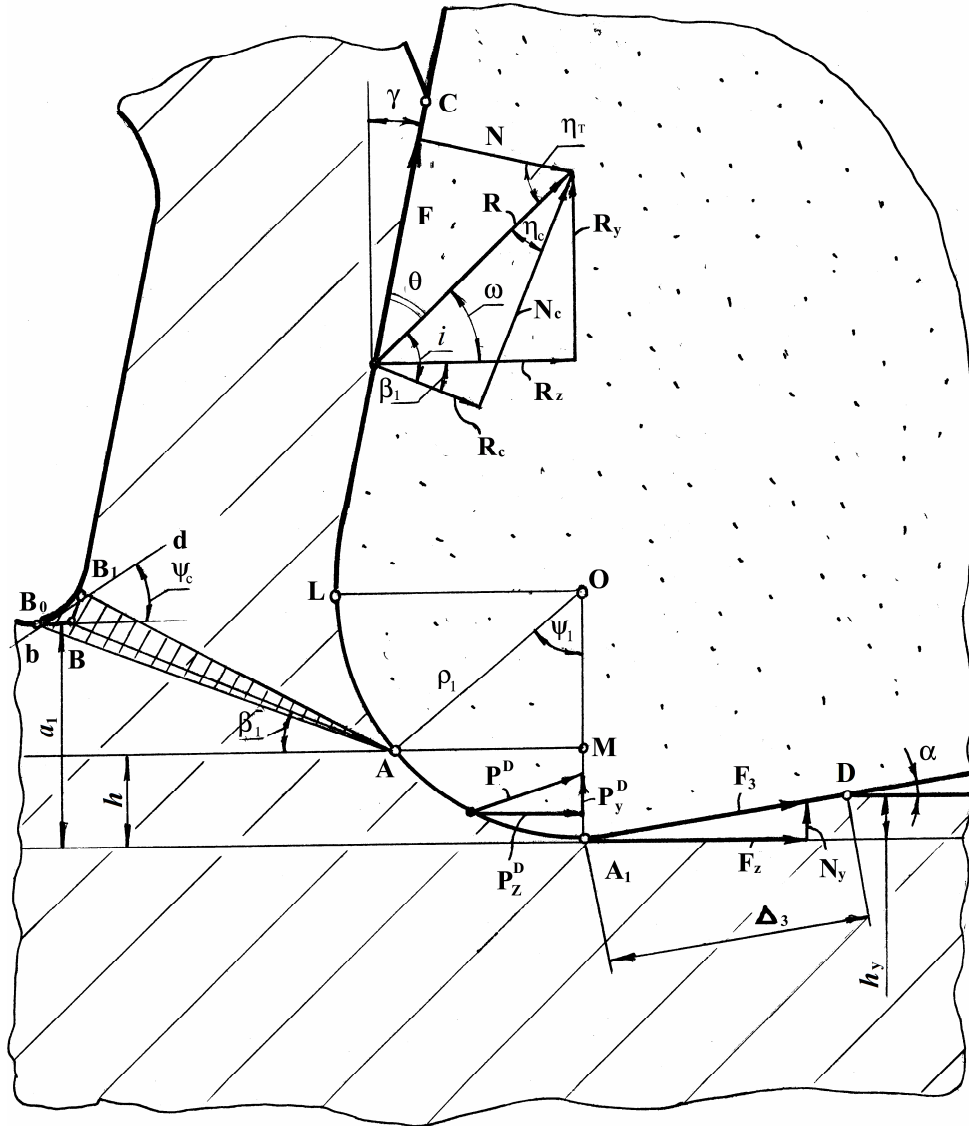


Рис. 1. Схема к расчету сил резания

Используя подход для расчета составляющих силы резания, описанный в работе [3], имеем для P_z , P_y , P_x

$$P_z = \tau_p a_1 b_1 \left\{ \frac{2}{B} + 1,53 \frac{b}{b_1} \frac{\rho_1}{a_1} B^{0,73} + 0,5 \frac{b}{b_1} \frac{\rho_1}{a_1} \cos \alpha \cdot \left[\frac{B^{2,35}}{(\cos \gamma + B \sin \gamma) \sin \alpha} + \frac{\delta_u}{\rho_1} \right] \right\};$$

$$P_y = \tau_p a_1 b_1 \left\{ \frac{1}{B^2} - 1 + \frac{1,53}{\mu_3} \frac{b}{b_1} \frac{\rho_1}{a_1} B^{0,73} + \frac{0,5b}{b_1} \cdot \frac{\rho_1}{a_1} \frac{\cos \alpha}{\mu_3} \left[\frac{B^{2,35}}{(\cos \gamma + B \sin \gamma) \sin \alpha} + \frac{\delta_u}{\rho_1} \right] \right\} \sin \eta;$$

$$P_x = \tau_p a_1 b_1 \left\{ \frac{1}{B^2} - 1 + \frac{1.53}{\mu_3} \frac{b}{b_1} \frac{\rho_1}{a_1} B^{0.73} + \frac{0.5b}{b_1} \cdot \frac{\rho_1}{a_1} \frac{\cos \alpha}{\mu_3} \left[\frac{B^{2.35}}{(\cos \gamma + B \sin \gamma) \sin \alpha} + \frac{\delta_u}{\rho_1} \right] \right\} \cos \eta,$$

где η – угол схода стружки, рад [3].

Сопоставление расчетных данных с экспериментальными данными различных исследователей дает отклонение в пределах 12%. Это позволяет рекомендовать аналитические зависимости для решения задач САПР режимов для данного вида лезвийной обработки отверстий, в частности для рассмотрения вопросов технологического наследования.

Чтобы управлять процессом технологического наследования при обработке отверстий, требуется надёжный математический аппарат, максимально учитывающий особенности процесса резания на данной операции, в том числе для расчета сил резания. Наиболее благоприятным будет такой технологический процесс, где на начальных операциях происходит практически полная ликвидация отрицательного свойства и оно не наследуется финишными операциями [1, 2, 5].

Список литературы

1. Баранов А.В., Воронцов А.А., Шереметьев А.Е. Управление технологической наследственностью при обработке отверстий в деталях газотурбинных двигателей // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2024. – № 3 (86). – С. 3-8.
2. Баранов А.В. Надежность и диагностика технологических систем – Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 148 с.
3. Баранов А.В. Оптимизация процессов лезвийной обработки отверстий – Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 140 с.
4. Силин С.С. Теория подобия в приложении к технологии машиностроения. – Ярославль: ЯПИ, 1989. – 107 с.
5. Баранов А.В., Карачев А.В. Определение технологической наследственности при обработке отверстий в деталях газотурбинных двигателей // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 37-42.

Сведения об авторах:

Баранов Александр Владимирович – д.т.н., профессор, профессор кафедры инновационного машиностроения;

Евдокимов Максим Алексеевич – магистрант.