

Yu. V. Turygin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
J. V. Zubkova, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Positioning Error Dynamic Component of Mechatronic Complex Output Element

The paper describes a dynamic model of the positioning process of mechatronic motion module output element during work function execution with account of its dynamic characteristics. The developed mathematical model will allow obtaining an ultimate pattern of the positioning process of mechatronic complex output element taking into account inertial forces. Its accuracy is thereby increased when following three dimensional arbitrary trajectory.

Key words: positioning, automation, mechatronic module, error, dynamic model.

УДК 621.941.01

С. В. Жилиев, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

С. Д. Кугультинов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

И. В. Попов, ОАО «Воткинский завод»

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОЙ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ РАСТАЧИВАНИИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6

Приведены результаты исследований по обеспечению заданной стойкости режущего инструмента при растачивании крупногабаритных деталей из титанового сплава ВТ6.

Ключевые слова: титановые сплавы, режимы резания, стойкость режущего инструмента, экспериментальные исследования.

Механическая обработка титановых сплавов сопряжена с рядом проблем, к которым можно отнести их склонность к налипанию и задирам и низкую теплопроводность. Кроме того следует отметить их высокую химическую активность, приводящую к активному взаимодействию с кислородом, азотом, водородом и углеродом, в результате чего образуются твердые растворы, резко снижающие пластичность титанового сплава [1, 2].

Особенно большие проблемы возникают при обработке крупногабаритных деталей, когда продолжительность обработки только одной поверхности может достигать десяти и более часов. При растачивании таких отверстий стойкости режущего инструмента недостаточно для обработки всей поверхности, что ведет к увеличению трудоемкости обработки. Кроме того в местах остановки процесса резания для замены резца наблюдается неровность высотой 0,2...0,5 мм. Наличие такого дефекта на обработанной поверхности недопустимо и поэтому требуется дополнительная обработка для его устранения, что влечет за собой еще большее увеличение трудоемкости.

Это вынуждает назначать режимы резания с большим запасом в сторону уменьшения, зачастую наугад, так как проводить экспериментальные исследования при обработке реальных деталей в условиях производства не представляется возможным, что существенно снижает эффективность механической

обработки крупногабаритных деталей из титановых сплавов.

Для совершенствования технологии обработки резанием крупногабаритных деталей из титанового сплава ВТ6 большое значение имеет назначение рациональных режимов резания, позволяющих производить обработку всей поверхности детали за период стойкости режущего инструмента с обеспечением требуемых точности и качества. При этом назначение режимов резания, как показывает производственная практика, сводится к выбору рациональной скорости резания, так как глубина резания обычно равна припуску на обработку, а подача определяется исходя из требуемой шероховатости обработанной поверхности и жесткости системы СПИД. Кроме того глубина резания, как и подача, может ограничиваться мощностью привода главного движения.

Для выбора рациональной скорости резания, позволяющей обеспечить заданную стойкость режущего инструмента, были проведены экспериментальные исследования для получения зависимости стойкости от скорости резания. Проводить такие исследования в реальных производственных условиях путем растачивания крупногабаритных деталей на токарно-карусельных станках не представлялось возможным из-за значительной стоимости заготовки и нормированных сроков изготовления деталей. Было принято решение о проведении экспериментальных исследований в лабораторных условиях. Получение необхо-

димой зависимости проводилось путем точения заготовок (прутки с первоначальным диаметром 150 мм и длиной 680 мм) из титанового сплава ВТ6 на токарно-винторезном станке 16К40.

В качестве режущего инструмента использовался проходной резец (державка PSDNN 4040S25) со сменной многогранной пластиной SNMM 250724 R1 производства Кировоградского завода твердых сплавов.

В качестве критерия затупления был принят допустимый износ режущей кромки по задней грани (h_3) равный 0,5 мм. Такое значение было выбрано в соответствии с рекомендациями работы [1], а также в целях экономии дорогостоящего материала заготовки.

Величина износа h_3 измерялась на микроскопе БМИ-1.

При проведении данных исследований использовалась методика однофакторного эксперимента [3], т. е. варьировался только тот фактор процесса резания, влияние которого нужно было определить. Таким образом, подача и глубина резания сохранялась неизменной ($t = 4$ мм; $S_0 = 0,22$ мм/об), а скорость резания последовательно изменялась ($V \approx 10,2$ м/мин; $V \approx 15$ м/мин; $V \approx 20$ м/мин; $V \approx 26$ м/мин).

В ходе опытов брались три сменных многогранных пластины. В результате для каждого режима скорости резания получалось по три результата измерений. После математической обработки экспериментальных данных получаем зависимость $T = f(V)$, которая представлена на рисунке.

Если зависимость $T = f(V)$ монотонна, то ее наиболее удобно описывать степенной функцией

$$T = \frac{C_T}{V^x}, \quad (1)$$

где V – скорость резания; C_T – постоянный коэффициент, зависящий от условий обработки и обрабатываемого материала; x – показатель степени.

Показатель степени x и постоянный коэффициент C_T определялись по известной методике [3]. В результате зависимость (1) приняла вид

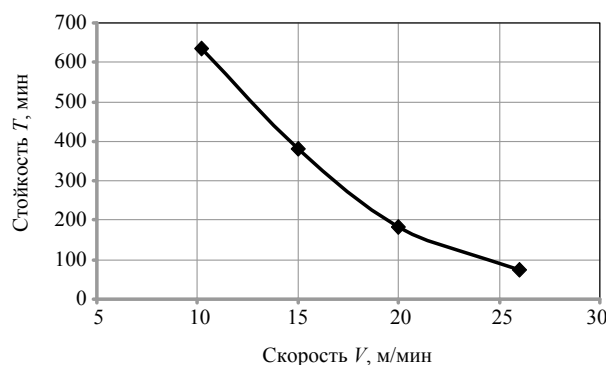
$$T = \frac{159504}{V^{2,3}}. \quad (2)$$

Определить рациональное значение частоты вращения шпинделя станка (n), обеспечивающую обработку всей поверхности детали за период стойкости режущего инструмента, можно из следующего соотношения:

$$T = k \times \tau_0, \quad (3)$$

где k – коэффициент, гарантирующий обработку всей поверхности, равный 1,1; τ_0 – время, затрачиваемое на обработку поверхности заданной длины, мин.

СМП SNMM 250724 R1 (КЗТС) от скорости резания при точении без охлаждения титанового сплава ВТ6 ($S_0 = 0,22$ мм/об; $t = 4$ мм).



Экспериментальная зависимость стойкости

Частоту вращения шпинделя можно определить из уравнения [3]

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000}, \quad (4)$$

где D – диаметр обрабатываемой заготовки, мм.

Время, затрачиваемое на обработку поверхности заданной длины, определяется выражением [3]

$$\tau_0 = \frac{L}{n \times S_0}, \quad (5)$$

где S_0 – осевая подача, мм/об; L – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Подставим в выражение (3) зависимости (1), (4), (5) и получим:

$$\frac{C_T}{\left(\frac{\pi \times D \times n}{1000}\right)^x} = \frac{k \times L}{n \times S_0}. \quad (6)$$

Из выражения (6) определяем рациональную частоту вращения шпинделя:

$$n = \sqrt[x-1]{\frac{S_0 \times C_T \times 1000^x}{(\pi \times D)^x \times k \times L}}. \quad (7)$$

После подстановки коэффициентов из выражения (2) получим:

$$n = \sqrt[1,3]{\frac{S_0 \times 159504 \times 1000^{2,3}}{(\pi \times D)^{2,3} \times k \times L}}. \quad (8)$$

Промышленная апробация проводилась в производственных условиях при точении и растачивании заготовок детали типа фланец диаметром порядка 2000 мм и высотой около 100 мм из титанового сплава ВТ6 на токарно-карусельном станке модели 1525Ф1 с частотой вращения, рассчитанной по предлагаемой методике. Износ по задней грани непереатачиваемой пластины резца на протяжении всей длины режущей кромки не превышал 0,5 мм, что обеспечивало получение размера обработанной поверхности в пределах допуска. Аналогичный результат был получен и при растачивании отверстия на этой же детали. Результатом промышленной апробации яви-

лось снижение трудоемкости выполняемой операции в 1,8 раза.

Таким образом, можно сделать вывод, что определение рациональной частоты вращения шпинделя станка по предлагаемой методике позволит обеспечить гарантированную обработку всей поверхности детали без смены грани перетачиваемой пластины. Производственная апробация методики показала, что она справедлива как для точения, так и для растачивания.

Библиографические ссылки

1. *Кривоухов В.А., Чубаров А. Д.* Обработка резанием титановых сплавов. – М. : Машиностроение, 1970. – 183 с.
2. Повышение эффективности обработки резанием заготовок из титановых сплавов / Н. С. Жучков [и др.]. – М. : Машиностроение, 1989. – 152 с.
3. *Кугультинов С. Д., Ковальчук А. С., Портнов И. И.* Технология обработки конструкционных материалов : учебник для вузов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 678 с.

S. V. Zhilyayev, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

S. D. Kugultinov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

I. V. Popov, OJSC “Votkinsk plant”

Ensuring Assigned Durability of Cutting Tool at Boring Titanium Alloy VT6 Large-Sized Parts

The paper presents investigation results on ensuring the assigned durability of a cutting tool when boring large-sized parts made of titanium alloy VT6.

Key words: titanium alloys, cutting modes, cutting tool durability, experimental research.