

УДК 621.941.01

DOI: 10.53297/18293387-2024.1-114

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ПРОЦЕССОВ СУХОГО ТОЧЕНИЯ И РАСТАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛОВ
РЕЗЦОМ С МНОГОСТУПЕНЧАТЫМ ЛЕЗВИЕМ**

Б.А. Баласаян

Национальный политехнический университет Армении

Обработка наружных и внутренних поверхностей токарным проходным или расточным резцом является одним из основных и распространенных видов механической обработки материалов резанием лезвийным инструментом, которое широко применяется в различных отраслях машиностроения: автомобилестроении, судостроении, авиастроении. Показано, что основной проблемой процесса сухого точения является его низкая производительность. Обосновано, что дополнительным резервом для повышения его производительности может быть применение токарного проходного или расточного резца с многоступенчатым лезвием.

В программной среде LabView разработана виртуальная лаборатория для установления возможности повышения производительности процессов сухого точения и растачивания металлов и сплавов, а также их количественной оценки для различных чисел режущих ступеней многоступенчатого резца по сравнению с процессом точения и растачивания обычным резцом с применением смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

Установлено, что применение резца с многоступенчатым лезвием, по сравнению с процессами точения и растачивания металлов и сплавов обычным резцом с применением СОЖ, позволяет осуществить сухое точение этих металлов с одновременным повышением производительности обработки до 28%. Полученные результаты могут быть использованы в металлообрабатывающей промышленности, что позволит, помимо повышения производительности обработки, улучшить экологичность производства различных деталей машин.

Исследования в данном направлении продолжаются. С целью определения оптимальных режимов сухого точения металлов многоступенчатым резцом намечается проведение комплексных виртуальных исследований этого процесса с применением методов математического планирования экспериментов.

Разработанный виртуальный прибор имеет понятный для пользователя интерфейс, может найти применение в процессах проектирования многоступенчатых резцов, а также может быть полезен магистрантам, аспирантам и научным работникам машиностроительных специальностей при проведении ими исследований. Автор

готов безвозмездно предоставить разработанный им виртуальный прибор в программной среде LabView всем заинтересованным лицам.

Ключевые слова: сухое точение, растачивание, многоступенчатый резец, лезвие, режущая ступень, глубина резания, производительность, токарная обработка.

Введение. При механической обработке металлов и их сплавов токарным резцом в процессах точения и растачивания возникает проблема сохранения требуемого периода стойкости режущего инструмента и обеспечения необходимого качества изготовления детали, которые зависят от правильного выбора диапазона режимов резания [1-3]. Многоинструментальная параллельная токарная обработка является одним из эффективных способов улучшения качественных показателей процесса механической обработки деталей машин и повышения ее производительности [4,5], при котором повышение качественных показателей процесса механической обработки деталей машин можно достичь с применением резца с многоступенчатым лезвием [6-8].

При механической обработке материалов лезвийным инструментом в результате взаимодействия обрабатываемого и инструментального материалов контактные площадки на передней и задней поверхностях режущего инструмента изнашиваются с образованием фаски износа, величина которых наибольшая у вершины резца, что объясняют интенсификацией абразивного изнашивания, появлением термических напряжений и трещин в материале режущего инструмента [2-5]. Для уменьшения влияния температуры резания в зоне упругопластической деформации обрабатываемого материала применяют смазочно-охлаждающие жидкости, которые являются существенным источником негативного воздействия на окружающую среду. Поэтому производственный сектор сталкивается с растущим спросом на экологически чистые методы и производства [9,10].

Механическую обработку без применения СОЖ называют "сухой механической обработкой" [11], которая является экологически чистой альтернативой традиционной механической обработке, и ожидается, что в ближайшие десятилетия она станет важнейшей технологией обрабатывающей промышленности, поскольку позволит сократить отходы, потребление энергии и риски для здоровья обслуживающего персонала [12].

До настоящего времени применение резца с многоступенчатым лезвием было изучено только с точки зрения снижения общей силовой нагруженности обрабатывающей системы [6-8]. Это один из основных факторов, влияющих на износ инструмента и период его стойкости, от которого зависит производительность механической обработки. Учитывая, что режущие

ступени резца с многоступенчатым лезвием работают в различных условиях, что связано с различными глубинами резания, диаметрами обработки и соответствующими различными скоростями резания, то одно из режущих ступеней будет изнашиваться наиболее интенсивно, и по достижении ее критической величины резец будет отправлен на заточку. В этом случае производительность механической обработки будет зависеть только от периода стойкости наиболее интенсивно изнашиваемой режущей ступени резца с многоступенчатым лезвием. Очевидно, что эта задача может быть решена, если глубины резания режущих ступеней резца с многоступенчатым лезвием будут определены из условия равенства периодов их стойкости.

Целью работы является выявление возможностей повышения производительности процесса сухого точения и растачивания металлов и их сплавов резцом с многоступенчатым лезвием, глубины резания режущих ступеней которого определены из условия равенства периодов их стойкости. Для достижения намеченной цели поставлены следующие задачи:

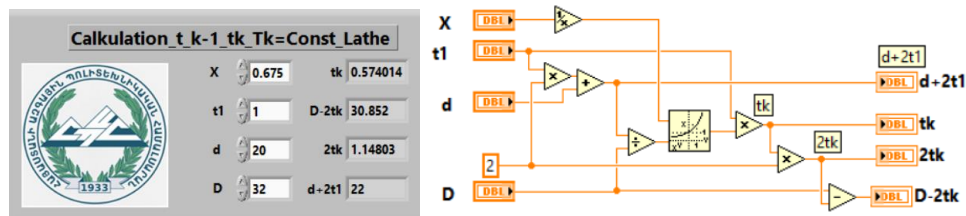
- разработать математическую модель процесса сухого точения и растачивания металлов и их сплавов проходным и расточным резцом с многоступенчатым лезвием с целью расчета глубин резания каждой его режущей ступени из условия равенства периодов их стойкости;
- определить число оборотов вращения обрабатываемой детали при сухом точении и растачивании резцом с многоступенчатым лезвием, при котором период стойкости каждой из его режущих ступеней станет равным периоду стойкости обычного резца в условиях применения СОЖ;
- количественно оценить возможность повышения производительности процесса сухого точения и растачивания резцом с многоступенчатым лезвием.

Теоретические исследования. Скорость резания V при наружном точении с применением СОЖ определяют по известной эмпирической зависимости [13-16]:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^{m \cdot t^X \cdot S^Y}} \quad (1)$$

где T - период стойкости резца, мин; m - показатель относительной стойкости резца при точении, t - глубина резания, мм, S – подача, мм/об, V - скорость резания, м/мин, C_V , X , Y коэффициенты, характеризующие условия обработки, которые приведены в соответствующей справочной литературе [13-16]; k_V - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала, состояния внешней поверхности заготовки и геометрии режущего инструмента, которые также приведены в соответствующих справочных

и затем для определения $t_{k-2}, t_{k-3} \dots t_3, t_2$.

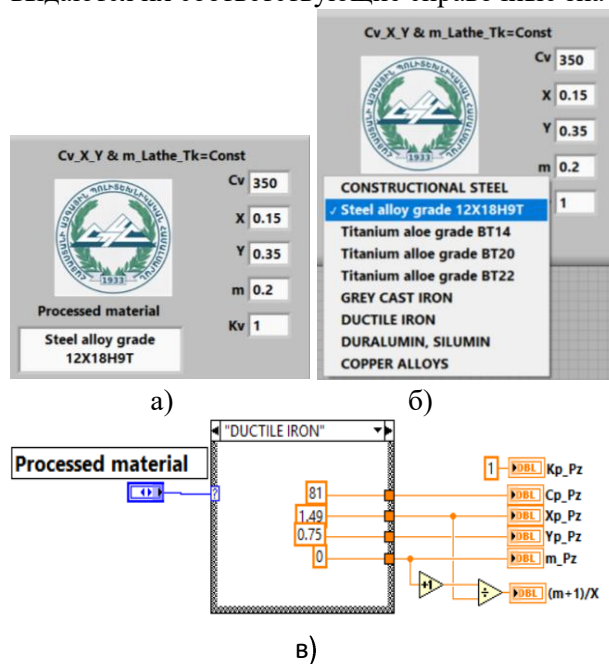


а)

б)

Рис.1. Подпрограмма Calculation_t_k-1_tk_Tk=Const_Lathe для определения глубины резания резца с многоступенчатым лезвием: а - лицевая панель, б - блок-диаграмма

Вторая подпрограмма C_p, X_p, Y_p & m_p _Lathe, приведенная на рис.2, разработана для задания величин C_p, X, Y и m и K_p , в зависимости от обрабатываемого материала, взятых из соответствующей справочной литературы [13-16]. Она имеет всплывающее меню, откуда выбирается обрабатываемый материал (рис.2 в), а в блок-диаграмме в Case Structure (рис.2б) заданы справочные данные C_p, X, Y, m и K_p для выбранного материала и после запуска программы на выходных индикаторах из Case Structure выдаются их соответствующие справочные значения.



а)

б)

в)

Рис.2. Подпрограмма C_p, X_p, Y_p & m_p _Lathe для задания величин C_p, X, Y, m и K_p : где а, б - лицевая панель, в-блок-диаграмма

Как показали проведенные нами исследования, известные эмпирические зависимости для расчета мощности резания в виде выражения (1), полученные различными исследователями, проведены для различных условий изменения глубины резания, нижний предел которого обычно больше или равен 1 мм, в то время как при резании резцом с многоступенчатым лезвием глубины резания режущих ступеней многоступенчатого резца оказываются в пределах $t = 0,2 \dots 0,8$ мм. Поэтому значения величины X , приведенные в соответствующей справочной литературе [13-16] не могут быть использованы в разработанной виртуальной лаборатории. В этой связи возникает задача определения показателя степени X глубины резания t при ее значениях $t = 0 \dots 0,8$ мм.

Для этого были проведены реальные экспериментальные исследования в процессе токарной обработки конических заготовок из конструкционной стали 45, жаропрочного сплава 18ХН9Т и титанового сплава марки ОТ4 с разницей диаметров заготовки в 6,4 мм, в ходе которых были получены осциллограммы силы резания в зависимости от глубины резания, анализ которых показал, что зависимость силы от глубины резания имеет два участка: на первом участке, когда $t = 0 \dots 0,8$ мм, сила резания монотонно увеличивается, а во втором участке, когда $t > 0,8$ мм, она также увеличивается, но с более высокой интенсивностью. Такой способ проведения экспериментов позволяет уточнить эмпирические зависимости составляющих силы резания от глубины резания для любого материала с применением только одной конической заготовки с последующим установлением величины показателя ее степени.

После оцифровки полученных осциллограмм в среде Microsoft Excel была построена зависимость силы резания от ее глубины t для вышеотмеченных металлов, посредством которых были определены математические модели их описания в виде степенной зависимости. На основе этих экспериментов было установлено, что при малых глубинах резания показатель степени глубины резания для стали 45 равен $X = 1,42$, жаропрочного сплава 18ХН9Т - $X = 1,48$, титанового сплава марки ОТ4 - $X = 1,45$. Поэтому в подпрограмме $Cr_Xr_Yr \& m_p_Lathe$ величина показателя степени X при глубине резания была принята в пределах $X = 1,4 \dots 1,5$.

Третья подпрограмма $T_k_Calculation_Lathe$, приведенная на рис.3, была разработана для расчета величин T_k режущих ступеней многоступенчатого резца согласно (3).

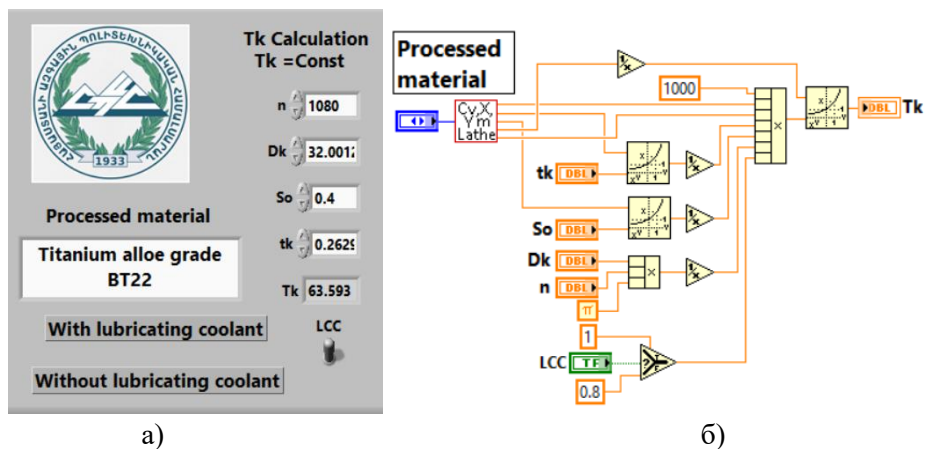


Рис.3. Подпрограмма Tk_Calkulation_Lathe: а -лицевая панель, б - блок-диаграмма
 Видно (рис.3), что эта подпрограмма имеет переключатель LCC, который в зависимости от своего положения позволяет определить стойкость резца как с применением СОЖ (положение переключателя - With lubricating coolant), так и без СОЖ (положение переключателя - Without lubricating coolant).

Посредством четвертой подпрограммы Calkulation_t1-t9_D1-D9_Tk=Const_Lathe (рис.4 и 5) осуществляется численное решение системы уравнений (10).

PROGRAM_t1-t9_D1-D9_T1-T9&T_sum_Calkulation_Tk=Const_Lathe

	t1-t9	D1-D9	T1-T9
d	1.8964	23.7921	64.3211
D	1.0689	25.9301	64.3061
n	0.7387	27.4081	64.3071
So	0.5644	28.5371	64.3081
	0.4573	29.4511	64.3081
	0.3850	30.2211	64.3091
dt	0.3329	30.8871	64.3091
	0.2936	31.4751	64.3091
k	0.2629	32.0011	64.3091

Рис.4. Лицевая панель подпрограммы Calkulation__t1-t9_D1-D9_Tk =Const_Lathe

Подпрограмма Case Structure, внутри которой работает цикл While Loop, в котором посредством восьми подпрограмм Calkulation_t_k-1_tk_Tk=Const_Lathe (рис.5) осуществляются соответствующие вычисления

глубин резания режущих ступеней многоступенчатого резца до достижения заданного условия, которым является $t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_8 + t_9 - 0.5(D - d) \geq dt = 0.0001$. Подпрограмма работает следующим образом. Посредством контроллера k задается исследуемое число одновременно режущих ступеней многоступенчатого резца, а посредством контроллеров m, X, d и D - условия обработки. При первой итерации цикла While Loop глубина резания первой режущей ступени принимается равной $t_1 = dt$, которая в дальнейшем увеличивается пропорционально числу итераций, т.е. $t_1 = i \cdot dt$. После остановки программы в индикаторах массивов t1...t9 и D1...D9 отражаются вычисленные значения глубин резания всех режущих ступеней резца и диаметры обработки (рис.5).

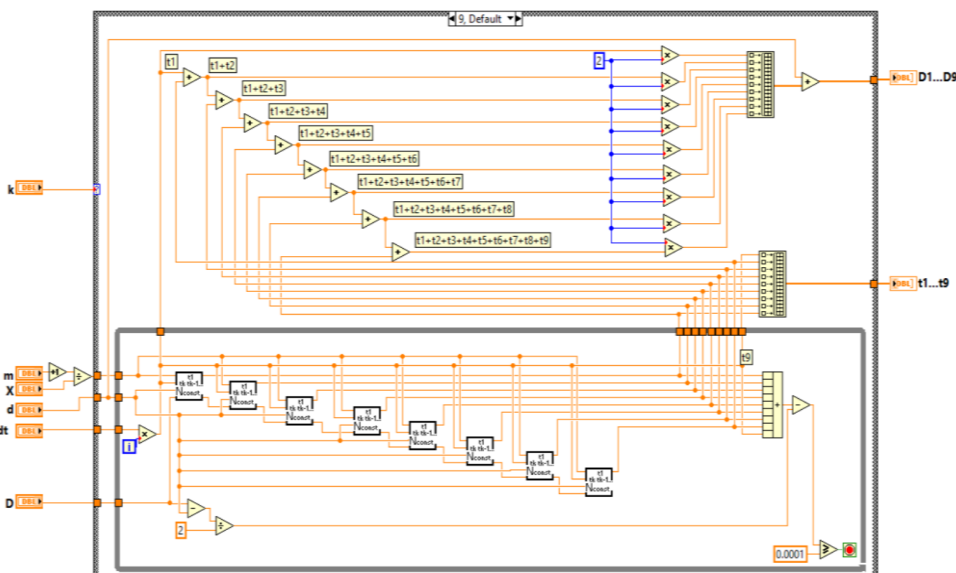


Рис.5. Блок - диаграмма подпрограммы Calculation_t1-t9_D1-D9_Tk=Const_Lathe

На основе разработанных подпрограмм разработана виртуальная лаборатория в виде PROGRAM_t1-t9_D1-D9_T1_T9_Calkulation_Tk=Const_Lathe, приведенная на рис.6.

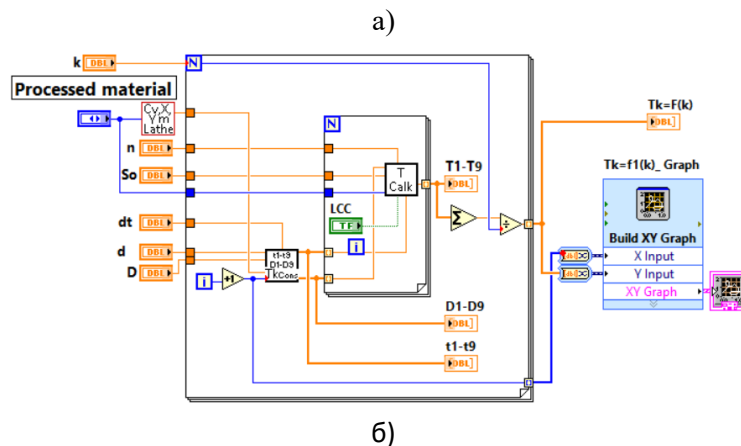
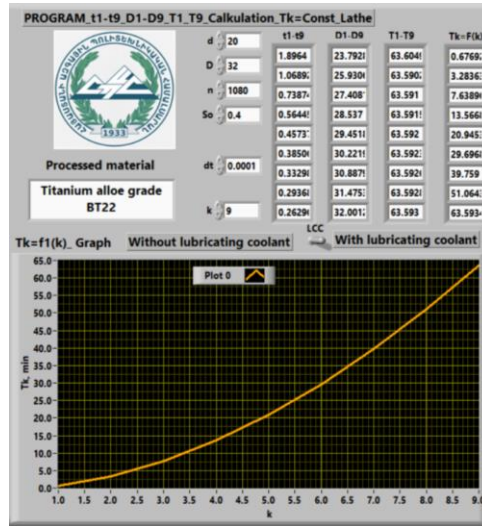


Рис.6. Виртуальная лаборатория PROGRAM_t1-t9_D1-D9_T1_T9_Calkulation_Tk=Const_Lathe: а - лицевая панель, б- блок-диаграмма

Виртуальные исследования. Посредством PROGRAM_t1-t9_D1-D9_T1_T9_Calkulation_Tk=Const_Lathe проведены предварительные виртуальные исследования, целью которых является установление возможности повышения производительности процесса сухого точения металлов и сплавов и их количественная оценка для различных чисел режущих ступеней многоступенчатого резца, по сравнению с процессом точения обычным резцом с применением СОЖ.

Исследования проведены следующим образом. Согласно известным справочным данным [16], нормированный период стойкости резца принят равным $T=60$ мин, а наибольшая рекомендуемая подача - $S=1,6$ мм/об. Вначале определено наибольшее число оборотов шпинделя станка процесса точения обычным резцом и с применением СОЖ, для которого переключатель LCC находится в положении With lubricating coolant. Для этого изменением числа оборотов шпинделя n в виртуальной лаборатории PROGRAM_t1-t9_D1-D9_T1_T9_Calkulation_Tk=Const_Lathe находили такую ее величину, при котором период стойкости резца становился приблизительно равным $T=60$ мин (рис.6). Далее переключатель LCC устанавливали в положение Without lubricating coolant и аналогично определяли наибольшее число оборотов шпинделя станка процесса сухого точения многоступенчатым резцом для случаев $k=5$ и $k=9$ без применения СОЖ. На основе этих исследований были определены наибольшие величины n , которые приведены в таблице.

Таблица

Наибольшие величины n при точении металлов и сплавов, определенных из условия обеспечения нормированного периода стойкости инструмента при $S_{max}=1,6$ мм/об

Processed material	$k=1$, With lubricating coolant	$k=5$, Without lubricating coolant	$k=9$, Without lubricating coolant
Constructional steel 45	$n=1250$ об/мин, $T=60,4$ min	$n=1440$ об/мин, $T=60,4$ min	$n=1600$ об/мин, $T=60,2$ min
Steel alloy grade 12X18N9T	$n=995$ об/мин, $T=60,1$ min	$n=1145$ об/мин, $T=60,4$ min	$n=1272$ об/мин, $T=60,2$ min
Titanium aloe grade BT14	$n=810$ об/мин, $T=60,2$ min	$n=913$ об/мин, $T=60,2$ min	$n=1035$ об/мин, $T=60,4$ min
Titanium aloe grade BT22	$n=366$ об/мин, $T=60,2$ min	$n=422$ об/мин, $T=60,3$ min	$n=468$ об/мин, $T=60,3$ min
Titanium aloe grade BT20	$n=455$ об/мин, $T=60,4$ min	$n=524$ об/мин, $T=60,4$ min	$n=582$ об/мин, $T=60,3$ min

Анализ полученных результатов (табл.) показывает, что по сравнению с процессом точения металлов обычным резцом с применением СОЖ использование резца с многоступенчатым лезвием позволяет осуществить сухое точение этих металлов с одновременным повышением производительности обработки на 28%.

Заключение. В программной среде LabView разработана виртуальная лаборатория PROGRAM_t1-t9_D1-D9_T1_T9_Calkulation_Tk=Const_Lathe с

целью установления возможности повышения производительности процесса сухого точения и растачивания металлов и сплавов без применения СОЖ и их количественной оценки для различных чисел режущих ступеней многоступенчатого резца по сравнению с процессом точения обычным резцом с применением СОЖ.

Установлено, что применение резца с многоступенчатым лезвием, по сравнению с процессом точения металлов и сплавов обычным резцом с применением СОЖ, позволяет осуществить сухое точение этих металлов с одновременным повышением производительности обработки на 28%. Полученные результаты могут быть использованы в металлообрабатывающей промышленности, что позволит, помимо повышения производительности обработки, улучшить экологичность производства различных деталей машин.

Исследования в данном направлении продолжаются. С целью определения оптимальных режимов сухого точения металлов многоступенчатым резцом намечается проведение комплексных реальных физических исследований этого процесса с применением методов математического планирования экспериментов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета по науке при Министерстве образования, науки, культуры и спорта Республики Армения в базовой лаборатории "Машиностроительные технологии" Национального политехнического университета Армении в рамках научного проекта № 21Т-2D199.

Литература

1. **Taylor F.** On the Art of Cutting Metals; The American Society of Mechanical Engineers. -New York, NY, USA, 1907. [Google Scholar]
2. **Зорев Н.Н.** Вопросы механики процесса резания металлов. - М.: Машгиз, 1956.- 368 с.
3. **Грановский Г.И., Грановский В.Г.** Резание металлов. - М.: Высшая школа, 1985. - 304с.
4. **Блюменштейн В. Ю., Клепцов А. А.** Основы технологии машиностроения: Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. КузГТУ. – Кемерово, 2017. – 308 с.
5. **Суслов А. Г., Дальский А.М.** Научные основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.
6. **Суханов Э.С.** Исследование влияния многорезцового точения на виброустойчивость станка // Станки и инструмент.- М., 1963.- С.27-31.
7. **Кудинов В.А., Суханов Э.С.** Влияние формы режущей кромки резца на виброустойчивость станка // Станки и инструмент.- М., 1961.- С.23 - 27.

8. **Кудинов В.А., Суханов Э.С.** Резцы с фигурной режущей кромкой // Труды Новочеркасского политехн. ин-та. – Новочеркасск, 1962. - Т.135. - С.117-182.
9. **Gupta, K.** A review on green machining techniques // Procedia Manuf.- 2020. - 51.-P. 1730–1736. [CrossRef]
10. Life cycle assessment of environmentally friendly initiatives for sustainable machining: A short review of current knowledge and a case study / N. Khanna, J. Wadhwa, A. Pitroda at el // Sustain. Mater. Technol.-2022.-32, e00413. [CrossRef].
11. **Goindi G.S., Sarkar P.,** Dry machining: A step towards sustainable machining—Challenges and future directions // J. Clean. Prod. 2017.-165. - P. 1557–1571. [CrossRef].
12. **Shailendra Pawanr, Kapil Gupta.** Dry Machining Techniques for Sustainability in Metal Cutting: A Review // Processes 2024.- 12(2). - 417; <https://doi.org/10.3390/pr12020417> [CrossRef].
13. **Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д., Садышов А.И.** Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник // под общ. ред. В.И. Баранчикова. - М.: Машиностроение. -1990.- 400 с
14. **Баранчиков В.И., Тарапанов А.С., Харламов Г.А.** Обработка специальных материалов в машиностроении: Справочник.-М.: Машиностроение. -2002. -264 с.
15. **Бобровский А.В., Драчев О.И., Рыбаков А.В.** Резание цветных металлов: справочник. - СПб.: Политехника, 2001. - 200 с.
16. Справочник технолога- машиностроителя. -Том 2 / Под. ред. **А.Г. Косиловой** и **Р.К. Мещерякова.** - М.: Машиностроение, 1986. - 496 с.

*Поступила в редакцию 15.08.2024.
Отправлена на рецензию 22.08.2024.
Принята к опубликованию 11.11.2024.*

**ԲԱԶՄԱՍՏԻՃԱՆ ՍԱՅՐՈՎ ԿՏՐԻՉՈՎ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՉՈՐ ԿՏՐՄԱՆ ԵՎ
ՇՐՋՏԱՇՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՆԵՐԻ ԱՐՏԱԴՐՈՂԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԲԱՐՁՐԱՑՆԵԼՈՒ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ**

Բ.Ա. Բալասանյան

Արտաքին և ներքին մակերեսների մշակումը շրջադարձային անցումով կամ կտրիչով շեղբերով կտրող նյութերի մեխանիկական մշակման հիմնական և տարածված տեսակներից մեկն է, որը լայնորեն կիրառվում է մեքենաշինության, ավտոմոբիլաշինության, նավաշինության, ինքնաթիռների արդյունաբերության տարբեր ճյուղերում: Ապացուցված է, որ չոր շրջադարձային գործընթացի հիմնական խնդիրը դրա ցածր արտադրողականությունն է: Հիմնավորված է, որ դրա արտադրողականությունը բարձրացնելու համար լրացուցիչ հնարավորություն կարող է լինել բազմաստիճան շեղբերով շրջադարձային անցնող կտրիչի օգտագործումը: LabView ծրագրային միջավայրում մշակվել է վիրտուալ լաբորատորիա՝ մետաղների և համաձուլվածքների չոր շրջադարձային գործընթացների արդյունավետությունը բարձրացնելու հնարավորությունը հաստատելու, ինչպես նաև դրանց քանակական գնահատումը բազմաստիճան կտրիչի կտրման փուլերի տարբեր թվերի համար՝ համեմատած կատարելու սովորական կտրիչով պտտման գործընթացի հետ: Սահմանվել է, որ բազմաստիճան շեղբերով կտրիչի օգտագործումը, համեմատած մետաղների և համաձուլվածքների պտտման գործընթացների հետ, օգտագործելով համատեղելիություն, թույլ է տալիս սովորական կտրիչով իրականացնել այդ մետաղների չոր մշակումը՝ միաժամանակ բարելավելով վերամշակման արտադրողականությունը մինչև 28%: Ստացված արդյունքները կարող են օգտագործվել մետաղամշակման արդյունաբերության մեջ, ինչը, բացի վերամշակման արտադրողականության բարձրացումից, թույլ կտա բարելավել տարբեր մեքենաների մասերի արտադրության շրջակա միջավայրի ոչ աղտոտվածությունը: Այս ուղղությամբ հետազոտությունները շարունակվում են : Բազմաստիճան կտրիչով մետաղների չոր շրջադարձի օպտիմալ ռեժիմները որոշելու համար նախատեսվում է իրականացնել այս գործընթացի համապարփակ վիրտուալ ուսումնասիրություններ՝ օգտագործելով փորձերի մաթեմատիկական պլանավորման մեթոդներ: Մշակված վիրտուալ սարքն ունի օգտագործողի համար հասկանալի ինտերֆեյս և կիրառություն կգտնի ինչպես բազմաստիճան կտրիչների նախագծման գործընթացներում, այնպես էլ կարող է օգտակար լինել մեքենաշինական մասնագիտությունների մագիստրանտների, ասպիրանտների և գիտաշխատողների համար իրենց հետազոտություններն իրականացնելիս: Հեղինակը պատրաստ է LABVIEW ծրագրային միջավայրում իր կողմից մշակված վիրտուալ սարքը անհատույց տրամադրել բոլոր շահագրգիռ անձանց:

Առանցքային բառեր. չոր կտրում, շրջտաշում, բազմաստիճան կտրիչ, կտրման խորություն, արտադրողականություն, խառատային մշակում:

THE POSSIBILITY OF INCREASING THE PRODUCTIVITY OF DRY TURNING AND BORING OF METALS WITH A MULTISTAGE BLADE CUTTER

B.A. Balasanyan

Processing of external and internal surfaces with a turning passing or boring cutter is one of the main and common types of mechanical processing of materials by cutting with a blade tool, which is widely used in various branches of mechanical engineering, automotive, shipbuilding, and aircraft engineering. It is shown that the main problem of the dry turning process is its low productivity. It is proved that an additional reserve for increasing its productivity can be the use of a turning passing or boring cutter with a multistage blade. A virtual laboratory has been developed in the LabVIEW software environment to establish the possibility of improving the productivity of dry turning and boring of metals and alloys, as well as their quantitative assessment for various numbers of cutting stages of a multi-stage cutter compared with the turning and boring process with a conventional cutter using a coolant. It has been found that the use of a cutter with a multistage blade, compared with the processes of turning and boring metals and alloys with a conventional cutter with the use of coolant, allows the dry turning of these metals with a simultaneous increase in processing productivity up to 28%. The results obtained can be used in the metalworking industry, which will allow, in addition to increasing processing productivity, to improve the environmental friendliness of production of various machine parts. Research in this area is going on. In order to determine the optimal modes of dry turning of metals with a multistage cutter, it is planned to conduct comprehensive virtual studies of this process using the methods of mathematical planning of experiments. The developed virtual device has a user-friendly interface and will find application both in the design processes of multistage cutters. It can be useful to undergraduates, graduate students and researchers of engineering specialties when conducting their research. The author is ready to immediately provide the virtual device he developed in the LabVIEW software environment to all the interested parties.

Keywords: dry turning, boring, multistage cutter, blade, cutting stage, cutting depth, productivity, turning.