

Б.С. БАЛАСАНЯН, Д.Г. ЮРМУЗЯН

О ВОЗМОЖНОСТЯХ СНИЖЕНИЯ СУММАРНОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ РЕЗЦОМ С МНОГОСТУПЕНЧАТЫМ ЛЕЗВИЕМ

Разработана методика определения характера изменения суммарной силы от глубины резания с учетом подачи. Получена математическая модель зависимости силы резания от подачи и глубины резания при малых ее значениях. Установлено, что применение резцов с тремя ступенями позволяет до 1,8...2,1 раза уменьшить общую нагруженность обрабатываемой системы.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, математическая модель, сила резания, минимизация, обработка металлов, резец, многоступенчатое лезвие.

Введение. На основе многочисленных исследований процесса резания металлов лезвийным инструментом установлено, что зависимость силы от глубины резания носит в основном линейный характер. Такой характер отмечается обычно при глубинах резания $t > 1 \text{ мм}$. Исследованиями Н.Н. Зорева выявлено [1], что при резании различных металлов однолезвийным инструментом характер изменения силы резания от толщины срезаемого слоя меняется. С увеличением толщины срезаемого слоя до определенной величины a_1 сила резания практически меняется линейно, но в пределах некоторого интервала $[a_1, a_2]$ она растет более интенсивно, и начиная с некоторой точки a_2 практически происходит линейное увеличение силы резания.

Проведенные нами в аналогичных условиях экспериментальные исследования показали [2,3], что характер изменения силы в зависимости от глубины резания до ее определенной величины достаточно резко отличается от вида его дальнейшего изменения. Установлено, что с точки зрения снижения суммарной силы резания, именно от числа одновременно режущих ступеней лезвия резца и характера изменения силы от глубины резания зависит эффективность процесса резания металлов резцом с многоступенчатым лезвием. При этом наиболее существенное влияние на нее оказывает подача. В работе предпринята попытка установления возможностей снижения суммарной силы резания резцом с многоступенчатым лезвием на основе разработки способов управления характером зависимости силы от глубины резания и подачи.

Экспериментальные исследования. Для определения зависимости силы от глубины резания и выявления характера ее изменения в зависимости от подачи изготовлены конические образцы из инструментальной стали марки ХВГ с перепадом диаметров величиной 2 мм, что позволило в процессе их точения плавно изменять глубину резания до 1 мм. Экспериментальные исследования

проведены на токарно-винторезном станке мод. 16Б05А резцом, оснащенным пластинкой из твердого сплава марки ВК8 при средней скорости резания $V=1,5$ м/с для трех подач: $s=0,08$; $0,16$ и $0,24$ мм/об. Измерение и регистрация исследуемых параметров осуществлены посредством специально разработанного экспериментального стенда на основе устройств сбора и обработки данных National Instruments, которое позволило непрерывное получение информации о составляющих силы резания.

Методика исследования. На основе полученных осциллограмм изменения силы в зависимости от глубины резания (рис.1) для каждой из отмеченных подач методом наименьших квадратов были получены математические зависимости составляющей силы резания P_z от глубины резания в виде полинома 6-го порядка:

$$P_{z(p)}(t) = m_{6(p)}t^6 + m_{5(p)}t^5 + m_{4(p)}t^4 + m_{3(p)}t^3 + m_{2(p)}t^2 + m_{1(p)}t + m_{0(p)}, \quad (1)$$

где $m_{6(p)}, m_{5(p)}, m_{4(p)}, m_{3(p)}, m_{2(p)}, m_{1(p)}, m_{0(p)}$ - постоянные коэффициенты для конкретной подачи $S = p$ мм/об.

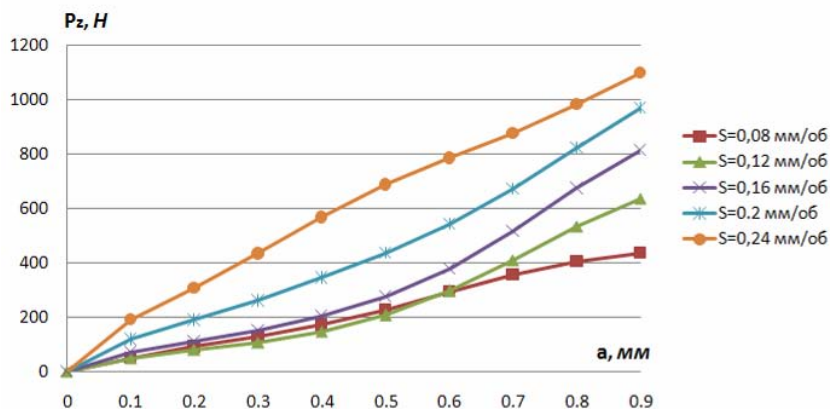


Рис.1. Графики зависимостей суммарной силы резания от глубины резания стали марки ХВГ

Для принятых величин подач $S=0,08$, $0,16$ и $0,24$ мм/об они могут представлены в виде

$$P_{z_{0,08}}(a) = m_{6(0,08)}t^6 + m_{5(0,08)}t^5 + m_{4(0,08)}t^4 + m_{3(0,08)}t^3 + m_{2(0,08)}t^2 + m_{1(0,08)}t + m_{0(0,08)}, \quad (2)$$

$$P_{z_{0,16}}(a) = m_{6(0,16)}t^6 + m_{5(0,16)}t^5 + m_{4(0,16)}t^4 + m_{3(0,16)}t^3 + m_{2(0,16)}t^2 + m_{1(0,16)}t + m_{0(0,16)}, \quad (3)$$

$$P_{z_{0,24}}(a) = m_{6(0,24)}t^6 + m_{5(0,24)}t^5 + m_{4(0,24)}t^4 + m_{3(0,24)}t^3 + m_{2(0,24)}t^2 + m_{1(0,24)}t + m_{0(0,24)}. \quad (4)$$

При обработке стали марки ХВГ они получены в виде полинома:

$$Pz_{0,08}(a) = 8905,22875887t^6 - 23286,19909703t^5 + 20616,20161004t^4 - 6711,35849301t^3 + 450,43409011t^2 + 506,5113129t - 0,1406829, \quad (2')$$

$$Pz_{0,16}(a) = -8130,29412054t^6 + 19074,92082394t^5 - 18860,49548853t^4 + 11612,47229617t^3 - 3837,84727026t^2 + 989,25699007t + 0,07797277, \quad (3')$$

$$Pz_{0,24}(a) = -35552,69609486t^6 + 104451,45367138t^5 - 116134,04512361t^4 + 60688,67489054t^3 - 15285,94273453t^2 + 2948,75974786t - 1,08045179. \quad (4')$$

Для возможности учета подачи в зависимости (1) примем, что коэффициенты $m_{6(p)}, m_{5(p)}, m_{4(p)}, m_{3(p)}, m_{2(p)}, m_{1(p)}, m_{0(p)}$ являются функцией от нее, для описания которых использована квадратичная функция с постоянными коэффициентами r_{2i}, r_{1i}, r_{0i} , которые также определены методом наименьших квадратов на основе известных коэффициентов $m_{6(p)}, m_{5(p)}, m_{4(p)}, m_{3(p)}, m_{2(p)}, m_{1(p)}, m_{0(p)}$.

Соответствующими расчетами установлено:

$$\begin{aligned} m_{6(s)} &= -811474,92928984S^2 - 18190,05296306S + 15553,87254337, \\ m_{5(s)} &= 3360579,13488047S^2 - 277024,99335919S - 22631,90609153, \\ m_{4(s)} &= -4515379,10441485S^2 + 590232,27132744S + 2296,0461721, \\ m_{3(s)} &= 2402529,04728047S^2 - 347559,08648256S + 5717,182523, \\ m_{2(s)} &= -559360,47686719S^2 + 80642,9974435S - 2421,09865342, \\ m_{1(s)} &= 115371,64692344S^2 - 21654,874297S + 1500,52271635, \\ m_{0(s)} &= -107,58439766S^2 + 28,55345206S - 1,73641898. \end{aligned}$$

С учетом этих коэффициентов из (1) установлено:

$$\begin{aligned} Pz(t, S) &= (-811474,92928984S^2 - 18190,05296306S + 15553,87254337)t^6 + \\ &+ (3360579,13488047S^2 - 277024,99335919S - 22631,90609153)t^5 + \\ &+ (-4515379,10441485S^2 + 590232,27132744S + 2296,0461721)t^4 + \\ &+ (2402529,04728047S^2 - 347559,08648256S + 5717,182523)t^3 + \\ &+ (-559360,47686719S^2 + 80642,9974435S - 2421,09865342)t^2 + \\ &+ (115371,64692344S^2 - 21654,874297S + 1500,52271635)t - \\ &- 107,58439766S^2 + 28,55345206S - 1,73641898. \end{aligned} \quad (5)$$

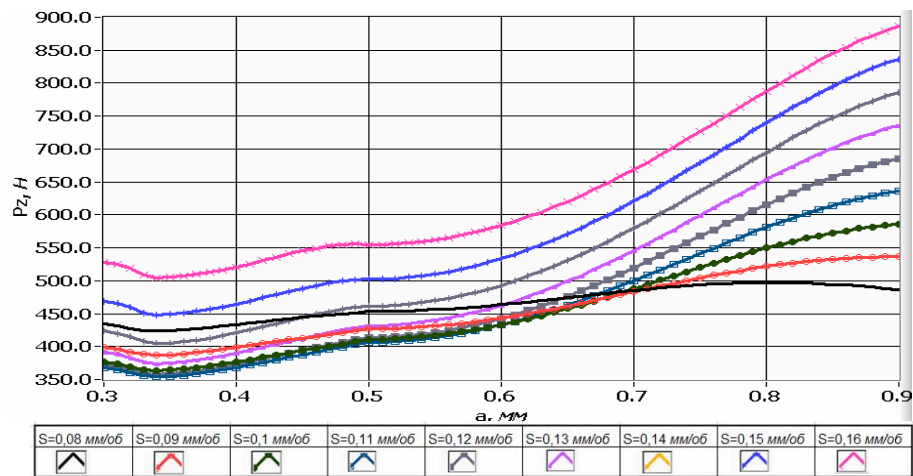


Рис. 2. График зависимости суммарной силы резания от глубины резания единичной ступени лезвия резца

Таким образом, можно заключить, что полученное выражение (5) может служить управляющей функцией для минимизации суммарной силы резания при обработке металлов резцов с многоступенчатым лезвием. На ее основе разработана программа в среде MS Excel и LabView и проведены виртуальные исследования изменения суммарной силы резания резцом с многоступенчатым лезвием. Проведен анализ влияния числа одновременно работающих лезвий и глубины резания единичного лезвия на суммарную силу резания. Посредством этих программ получены графики зависимостей суммарной силы резания от глубины резания единичной ступени резца (рис. 2) и числа одновременно режущих ступеней Z (рис.3).

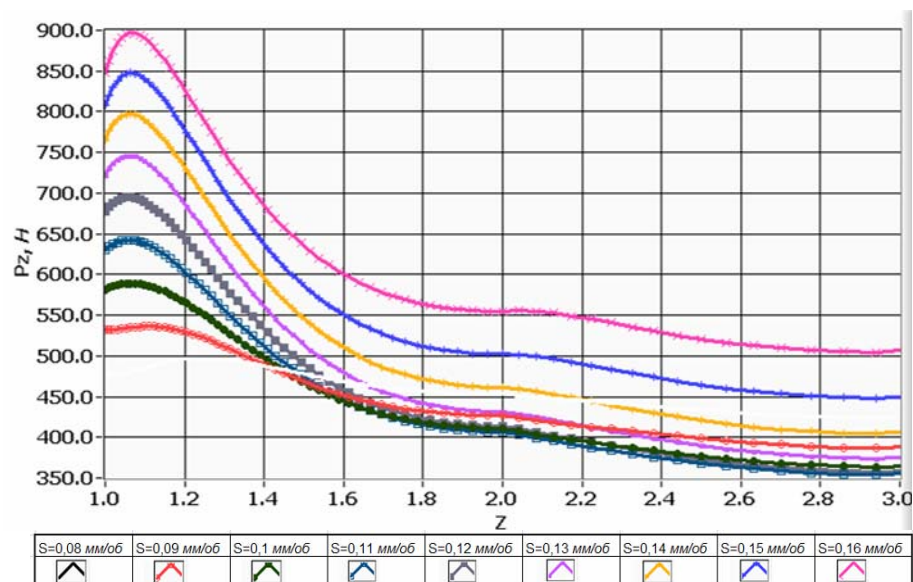


Рис. 3. График зависимости суммарной силы резания от числа одновременно режущих ступеней резца

Видно (рис. 2), что разработанная методика позволяет определить характер изменения силы резания в зависимости от глубины резания с учетом влияния на нее подачи. Анализ графиков зависимостей суммарной силы резания от числа одновременно режущих ступеней резца (рис. 3) показал, что вначале величина силы резания несколько повышается (в пределах 5...6%), затем резко снижается (в 1,8...2,1 раза). При этом снижение суммарной силы резания наиболее интенсивно – до 1,7 раза (до $Z=2$). С дальнейшим увеличением Z до $Z=3$ сила резания уменьшается на 10...15%.

Выводы. Разработана методика определения характера изменения суммарной силы от глубины резания с учетом подачи, получена математическая модель зависимости силы резания от подачи и глубины резания при малых ее значениях. В среде MS Excel и LabView разработана программа для определения суммарной силы резания резцом с многоступенчатым лезвием. Установлено, что применение резцов с тремя ступенями позволяет до 1,8...2,1 раза уменьшить общую нагруженность обрабатываемой ступени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зорев Н.Н.** Вопросы механики процесса резания металлов. - М.: Машгиз, 1956.- 368 с.
2. **Юрмузян Д.Г., Гараян А.В., Палаян К.М.** Особенности зависимости силы резания от глубины резания // Международный сборник научных трудов научно-технической конференции “Технологии и техника автоматизация”.- Ереван, 2009.- С. 96 – 100.
3. О некоторых особенностях процесса резания многолезвийным резцом / **Б.С. Баласанян, С.Ш. Христафорян, Д.Г. Юрмузян и др.**// Международный сборник научных трудов научно-технической конференции “Технологии и техника автоматизации”. - Ереван, 2008. - С. 84 – 87 (на арм.).

ГИУА (П). Материал поступил в редакцию 05.03.2011.

Բ.Ս. ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ, Դ.Գ. ՅՈՒՄՅԱՆ

**ԲԱԶՄԱՍՏԻՃԱՆ ՄԱՅՐ ՈՒՆԵՑՈՂ ԿՏՐԻՉՈՎ ԳՈՒՄԱՐԱՅԻՆ ՈՒԺԻ ՆՎԱԶԵՑՄԱՆ
ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ**

Մշակվել է կտրման խորությունից կտրման գումարային ուժի փոփոխման բնույթի որոշման եղանակ՝ հաշվի առնելով մատուցումը: Ստացվել է մատուցումից և կտրման խորության փոքր արժեքներից կտրման ուժի կախվածության մաթեմատիկական մոդելը: Հաստատվել է, որ երեք աստիճանով կտրիչների կիրառումը թույլ է տալիս 1,8...2,1 անգամ նվազեցնել մշակող համակարգի բեռնվածությունը:

Առանցքային բառեր. փորձարարական հետազոտություններ, մաթեմատիկական մոդել, կտրման ուժ, նվազեցում, մետաղների մշակում, կտրիչ, բազմաստիճան սայր:

B.S. BALASANYAN, D.G. YURMUZYAN

**ON POSSIBILITIES OF DECREASING TOTAL FORCE OF CUTTING BY THE
CUTTER WITH A MULTISTEPPED BLADE**

A method of defining total cutting force change character from the depth of cutting account feed is developed . The mathematical model of dependence of cutting force on the feed and depth of cutting at its small values is obtained. It is established that application of cutters with three steps allows to 1,8 ... 2,1 times to reduce the general stress loading of the processing system.

Keywords: experimental investigations, mathematical model, cutting force, minimization, metal processing, cutter, multisteped blade.