

УДК 621.923

Л.А. ПЕТРУСЕНКО, В.С. АНТОНЮК

**РАСЧЁТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Показана актуальність розрахункових методів визначення геометричних параметрів твердосплавного різального інструмента з умов міцності. Наведено розрахунки переднього кута і радіуса округлення різальної крайки за критерієм «нульового» рівня напружень в небезпечній зоні передньої поверхні. Дано пояснення причини зниження рівня напружень, що виникають в небезпечній зоні, при одночасному збільшенні сил різання, при зміні параметрів різальної частини, а також зниження міцності інструмента при перевищенні розрахункових величин оптимальних геометричних параметрів різальної частини інструмента.

Ключові слова: міцність різальної частини інструмента, крихке руйнування, твердосплавний інструмент, розтягуючі напруження, геометричні параметри, округлення різальної крайки.

Показана актуальность расчётных методов определения геометрических параметров твердосплавного режущего инструмента из условий прочности. Приведены расчёты переднего угла и радиуса округления режущей кромки по критерию «нулевого» уровня напряжений в опасной зоне передней поверхности. Даны объяснения причины снижения уровня напряжений, возникающих в опасной зоне, при одновременном увеличении сил резания, при изменении параметров режущей части, а также снижения прочности инструмента при превышении расчётных величин оптимальных геометрических параметров режущей части инструмента.

Ключевые слова: прочность режущей части, хрупкое разрушение, твердосплавный инструмент, растягивающие напряжения, геометрические параметры, округление режущей кромки.

It is shown the hard-alloy cutting tool geometric parameters determining calculation methods actuality from the strength conditions. It is made calculations of the front angle and the radius of rounding of the cutting edge by the criterion of "zero" stress level in the dangerous zone of the front surface. There is given the reasons of lowering the level of stresses appeared in the dangerous zone while simultaneously increasing the cutting forces, at the changing of the cutting part parameters, as well as reducing the strength of the tool at the exceeding of the tool cutting part optimum geometric parameters calculated values are explained.

Key words: strength of the cutting part, brittle failure, hard-alloy tool, tensile stresses, geometric parameters, rounding of the cutting edge

Постановка проблеми. Ефективність технологічного процесу лезвийної обробки деталей на металорежущих станках в більшій ступені залежить від раціонального вибору параметрів режущого інструмента для заданих конкретних умов його роботи.

В залежності від задачі і умов технологічної операції, рішенням для такого вибору може бути один із двох основних критеріїв работоспособності режущого інструмента – його зносостійкість або міцність.

Геометрія режущої частини лезвийного інструмента – один із важливіших факторів, що визначають його работоспособність. Від цього фактора залежать величини сил різання, характер розподілу контактних навантажень і напружень, що виникають в режущої частини. Як слідство, геометричні параметри визначають міцність інструмента при заданих умовах обробки.

При цьому пошук раціональних геометричних параметрів ведеться спробним шляхом, а знайдений оптимум приймають для конкретних умов обробки. При обробці деталей із інших конструктивних матеріалів, в умовах інтенсифікації режимів такої способ визначення геометричних параметрів режущого інструмента – тільки експериментальним шляхом, малоєфективним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Критерій міцності особливо актуальний для твердосплавного інструмента, що працює в умовах чорнової обробки, нерівномірного припуску, на операціях прерывистого різання, обробки високопрочних матеріалів і др. [1, 13].

В таких умовах роботи, за даними багатьох дослідників, від 30% до 60% режущого інструмента

із-за поломок виходить із строю задовго до досягнення граничного зносу [2-4],

В відміння від неминучого, але прогнозованого зносу режущого інструмента, крихке руйнування, або так зване «внезапний відмова», належить до недопустимого виду відмов, так як його поява вимагає негайного припинення процесу обробки і веде до браку, можливим поломкам оснастки і обладнання.

Особливо важливо це враховувати при роботі на станках з ЧПУ і станках-автоматах, так як реєстрація факта поломок інструмента в процесі роботи, як правило, не проводиться, а виробничі втрати, обумовлені нерегламентованими простоями таких станків, перевищують інструментальні витрати [5, 14].

В роботі [6] автор відзначав: «На практиці при обробці багатьох матеріалів во избежание руйнування інструмента знижують режими різання. Тому підвищення міцності режущої частини інструмента є дуже важливою для виробництва проблемою. Вивчення механізму руйнування, встановлення його закономірностей, створення інженерних методів розрахунку міцності режущої частини інструмента, є актуальними питаннями теорії різання матеріалів».

Експериментальні дослідження міцності режущого інструмента затратні, а отримані результати, із-за великих розбросів даних, дуже ненадійні, тому заслуговують уваги аналітичними методами визначення міцності шляхом розрахунку впливу різних факторів на величину напружень в режущому клині [7].

Ціль роботи – встановлення залежностей рівня напружень в режущому клині від геометричних

© Л.А. Петрусенко, В.С. Антонюк, 2017

ских параметров инструмента и определение диапазона оптимальных значений этих параметров по критерию прочности.

Изложение основного материала. Критически по прочности, с точки зрения хрупкого разрушения твердосплавного режущего инструмента, являются растягивающие напряжения, которые, согласно поляризационно-оптическим исследованиям возникают за пределами зоны контакта инструмента со стружкой [2, 8].

Установлено, что максимальный уровень таких напряжений возникает на участке передней поверхности инструмента на расстоянии 2...2,5 длины контакта от вершины, который получила определение «опасная зона» [2, 5].

Изложение основного материала. Расчёт напряжений в режущей части. Для расчёта напряжений на передней поверхности режущего инструмента за пределами зоны контакта в работе [2] принят принцип Сен-Венана

При этом режущую часть инструмента рассматривают как клиновидную балку, к вершине которой приложена сосредоточенная сила P .

Тогда напряжения на передней поверхности режущего инструмента определяются по формуле [2]:

$$\sigma_1 = \frac{2P}{br} \left(\frac{\sin \frac{\beta}{2} \sin \left[v_0 - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta - \sin \beta} - \frac{\cos \frac{\beta}{2} \cos \left[v_0 - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta + \sin \beta} \right) \quad (1),$$

где P – результирующая сила резания; b – ширина среза; r – расстояние от вершины до расчётной точки передней поверхности; γ – передний угол инструмента; β – угол заострения режущего клина; v_0 – угол приложения силы результирующей силы P (от оси «Y»),

Угол приложения силы P определяется по результирующей формуле:

$$v_0 = \arg \operatorname{tg} \frac{P_z}{P_y}$$

где P_z, P_y – составляющие силы резания

Для расчётов с применением формулы Бетанели [2] в работе [9] предложено её преобразование к виду:

$$\sigma_1 = \frac{K_z P_z - K_y P_y}{br} \quad (2)$$

где K_z, K_y – коэффициенты; P_z, P_y – составляющие силы резания; b – ширина среза; r – расстояние от вершины до расчётной точки передней поверхности.

Исходные данные о величинах, составляющих силы резания P_z, P_y для расчётов напряжений в режущем клине могут быть получены как непосредственным измерением при помощи динамометра, так и из графиков, по эмпирическим формулам или таблицам [10].

Формулы 1 и 2 применимы для условий свободного прямоугольного резания. При косоугольном резании необходимо по составляющим сил P_x и P_y рассчитать величину горизонтальной составляющей силы резания P_{xy} , которая используется в формуле 2 вместо P_y .

Коэффициенты K_z и K_y определяются по формулам:

$$K_z = 2 \left[\frac{\sin \frac{\beta}{2}}{\beta - \sin \beta} \cos \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) - \frac{\cos \frac{\beta}{2}}{\beta + \sin \beta} \sin \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right] \quad (3)$$

$$K_y = 2 \left[\frac{\sin \frac{\beta}{2}}{\beta - \sin \beta} \sin \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) - \frac{\cos \frac{\beta}{2}}{\beta + \sin \beta} \cos \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right] \quad (4)$$

где β – угол заострения; γ – передний угол.

Как видно из формул 3, 4, коэффициенты K_z и K_y постоянны при заданной геометрии режущего клина (углы γ и α).

Значения коэффициентов K_z и K_y для расчетов напряжений в твердосплавном инструменте по формуле (2) в диапазоне изменения переднего угла γ (от 10° до -10°) и заднего угла α (от 2° до 10°) приведены в работе [7].

Влияние геометрических параметров режущей части инструмента на его прочность устанавливают в зависимости от величин составляющих сил резания, и рассчитывают уровни напряжений, возникающих в опасной зоне передней поверхности инструмента.

Для проведения анализа влияния геометрических параметров на прочность режущего инструмента и определения области их оптимальных значений, определяли зависимости расчётного уровня напряжений в опасной зоне режущего инструмента от изменений исследуемого параметра.

Определение геометрических параметров режущей части инструмента. Расчёт уровня напряжений в опасной зоне позволяет определить величину значений геометрических параметров режущей части инструмента по критерию прочности.

Для этого принимаем предложенное в работе [4] определение: «Наиболее благоприятные прочностные условия создаются, когда передняя грань совпадает с нейтральной линией». Другими словами, необходимо выбрать геометрические параметры режущей части инструмента такими, при которых уровень напряжений на передней поверхности за пределами контактной зоны будет равен нулю [7].

Эти величины обеспечат гарантированное отсутствие растягивающих напряжений в режущем клине при оптимальных (для данных условий) величинах, составляющих силы резания.

На рис. 1.а приведены исходные данные из работы [3] – зависимости составляющих силы резания P_z, P_x , и P_y от величины переднего угла γ .

По этим данным и таблице коэффициентов K_z и K_y , [7], по формуле 2, выполнены расчёты зависимости напряжений в опасной зоне режущего клина ($\sigma_{расч}$) от угла γ при постоянной величине заднего угла $\alpha = 4^\circ$ (рис. 1.б).

По точке пересечения графика $\sigma_{расч}$ (рис. 1.б) с линией $\sigma = 0$ определяем величину переднего угла $\gamma = \gamma_0$, при которой нейтральная линия совпадает с передней поверхностью (точка А).

Величина $\gamma = \gamma_0$ и является искомой величиной переднего угла для данных условий обработки.

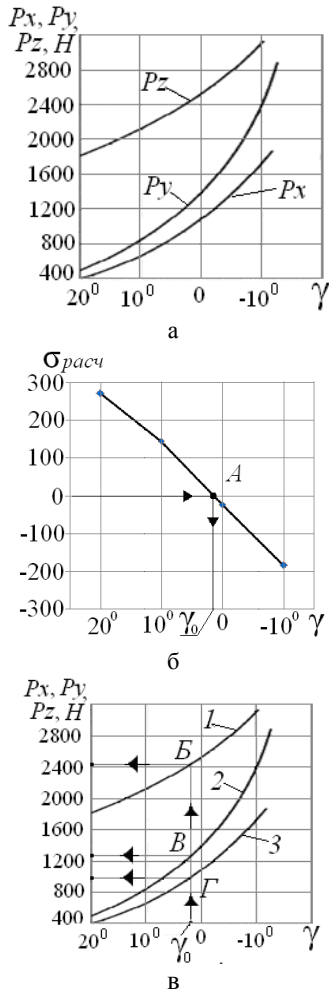


Рис. 1 – Зависимость параметров процесса резания от величины переднего угла γ : а – исходные данные; б – величина напряжений и определение расчётной величины угла γ_0 ; в – определение величин составляющих сил резания при $\gamma = \gamma_0$.

Из рис. 1.б и 1.в, можно сделать вывод, что при:
– величинах переднего угла $\gamma > \gamma_0$ в опасной зоне, несмотря на меньшие величины составляющих силы резания P_z , P_x и P_y , возникают растягивающие напряжения, $\sigma_{расч} > 0$, которые нежелательны для инструмента из твёрдых сплавов, т.к. они могут привести к разрушению его режущей части;

– переднем угле $\gamma = \gamma_0$ напряжения $\sigma_{расч} = 0$, что создаёт наиболее благоприятные прочностные условия в режущей части инструмента;

– дальнейшем уменьшении переднего угла $\gamma < \gamma_0$, в опасной зоне, как и во всём режущем клине, происходит рост величин сжимающих напряжений, $\sigma < 0$, величины составляющих силы резания, особенно P_x и P_y , также резко возрастают (рис. 1.в точки Б, В и Г), что неоправданно увеличивает нагрузки, действующие на режущий инструмент, обрабатываемую заготовку, а также на узлы станка, что приводит к появлению вибраций и поломок.

Для объяснения причин снижения уровня напряжений в опасной зоне режущей части до нуля и отрицательных величин при одновременном росте составляющих силы резания рассмотрим рис. 2, на котором изображены векторы равнодействующей си-

лы резания P при значениях переднего угла γ , равных 20° , 0° и -10° , соответственно.

На рис. 2 показано, что при изменении переднего угла γ с $+20^\circ$ до -10° , несмотря на рост равнодействующей силы резания P , основным фактором снижения напряжений в опасной зоне до отрицательных величин, является изменение направления силы, определяемое углом действия ω .

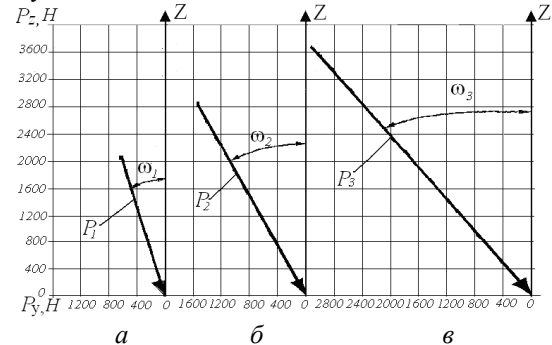


Рис. 2 – Схема приложения равнодействующей силы резания P к режущему клину при изменении переднего угла: а – $\gamma = 20^\circ$; б – $\gamma = 0^\circ$; в – $\gamma = -10^\circ$

При переднем угле $\gamma = 20^\circ$ сила резания $P_1 = 1920$ Н, действующая под углом $\omega_1 = 19,3^\circ$, создаёт уровень напряжений $\sigma_{расч.1} = 273$ МПа. (растяжение).

При $\gamma = 0^\circ$ сила резания $P_2 = 3063$ Н, действующая под углом $\omega_2 = 35,4^\circ$, создаёт уровень напряжений $\sigma_{расч.2} = -24$ МПа (сжатие).

При $\gamma = -10^\circ$ сила резания $P_3 = 4294$ Н, действующая под углом $\omega_3 = 43,5^\circ$, создаёт уровень напряжений $\sigma_{расч.3} = -184$ МПа (сжатие).

Таким образом, для условий резания, соответствующих исходным данным (рис. 1.а), принимается передний угол $\gamma_0 = 2^\circ$ – условие, при котором $\sigma_{расч} = 0$.

Определение величины радиуса округления режущей кромки. Достаточно эффективными приёмами повышения хрупкой прочности твердосплавного инструмента считаются методы округления режущей кромки инструмента или создание упрочняющей фаски с отрицательным углом.

В процессе резания на режущую кромку приходятся максимальные силовые и температурные нагрузки. Дефекты кромки при заточке снижают её прочность и являются источниками возникновения микротрещин. Поэтому после заточки инструмента рекомендуется дополнительная обработка режущих кромок (виброгалтовка, дробеструйная или магнитоабразивная обработка и др.) [11].

Округление кромок повышает не только «локальную» прочность самой кромки, но и хрупкую прочность всей режущей части инструмента, что указывает на снижение напряжений в опасной зоне передней поверхности инструмента, хотя величина силы резания при этом монотонно увеличивается.

В то же время, увеличение радиуса округления режущей кромки может привести к ухудшению условий резания, увеличению действующих сил резания и даже поломкам инструмента [1].

В работе [12] предложена математическая модель резания инструментом с округлённой режущей кромкой, в которой срезаемый слой условно рассматривает-

ся состоящим из трёх слоёв и отдельно для каждого участка определяются составляющие силы резания и силы на задней поверхности режущего инструмента (рис.3).

Суммарные величины составляющих сил резания P_z и P_y при резании инструментом с округленной кромкой равны сумме проекций усилий, возникающих на каждом участке.

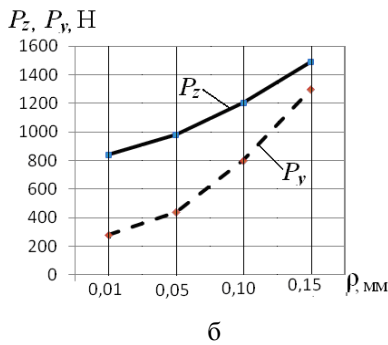
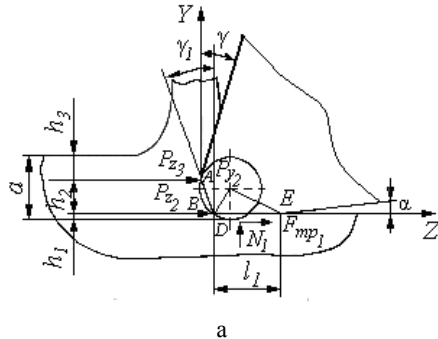


Рис. 3 – Схема распределения: а – срезаемого слоя и сил резания; б – зависимость составляющих силы резания от радиуса округления кромки ρ [12]

По данным работы [12] подставив в формулу 2 величины составляющих сил резания P_z и P_y и значение коэффициентов K_z и K_y , из работы [12], определена зависимость напряжений в опасной зоне режущего инструмента, $\sigma_{расч}$, от радиуса округления режущей кромки ρ (рис. 4).

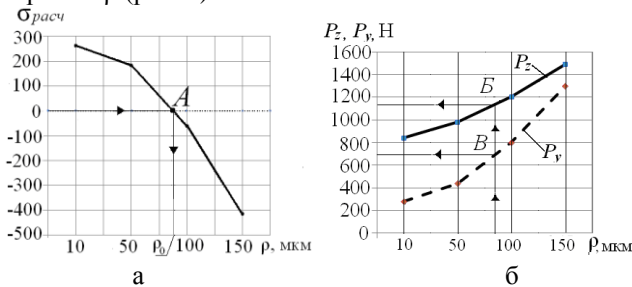


Рис. 4 – Зависимость радиуса округления режущей кромки, ρ_0 : а – от напряжений в опасной зоне режущего инструмента, $\sigma_{расч}$ б – и величины составляющих силы резания при $\rho = \rho_0$

На рис. 4.а показано величину радиуса округления режущей кромки ρ_0 , которая соответствует «нулевому» уровню напряжений в опасной зоне режущего инструмента ($\sigma_{расч} = 0$), для составляющих сил резания P_z и P_y (рис. 4.б) при значении переднего угла $\gamma = 7^\circ$ и заднего угла $\alpha = 4^\circ$ величина радиуса округления $\rho_0 = 90$ мкм.

Из рис. 4 а можно сделать вывод, что при:

– радиусе округления ρ меньше ρ_0 , несмотря на меньшие величины составляющих силы резания, в опасной зоне передней поверхности режущего инструмента возникают растягивающие напряжения.

– дальнейшем увеличении радиуса округления кромки ($\rho > \rho_0$) в режущем клине возникают только сжимающие напряжения.

При этом происходит рост сил резания, ухудшение условий стружкообразования и появление вибраций.

Определяющим фактором снижения уровня напряжений при увеличении радиуса округления кромки ρ является изменение направления действия силы резания (угол действия ω увеличивается).

На рис. 5 показаны векторы равнодействующей силы резания P , возникающие при радиусах округления кромки $\rho = 50, 100$ и 150 мкм, соответственно.

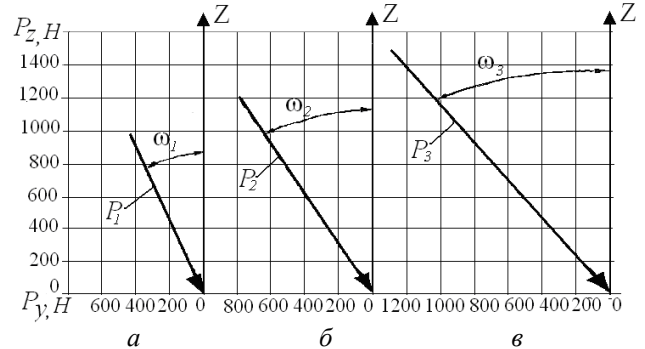


Рис. 5 – Схемы действия равнодействующей силы резания P к режущему клину при радиусах округления кромки: а – $\rho = 50$ мкм; б – $\rho = 100$ мкм; в – $\rho = 150$ мкм(в)

При радиусе округления режущей кромки $\rho = 50$ мкм сила резания $P_1 = 1074$ Н, действующая под углом $\omega_1 = 24,3^\circ$, создаёт уровень напряжений $\sigma_{расч,1} = 182$ МПа. (растяжение).

При $\rho = 100$ мкм сила резания $P_2 = 1442$ Н, действующая под углом $\omega_2 = 33,7^\circ$, создаёт уровень напряжений $\sigma_{расч,2} = -59$ МПа (сжатие).

При $\rho = 150$ мкм сила резания $P_3 = 1985$ Н, действующая под углом $\omega_3 = 41^\circ$, создаёт уровень напряжений $\sigma_{расч,3} = -412$ МПа (сжатие).

Таким образом, принимаем радиус округления кромки $\rho_0 = 90$ мкм – условие, при котором $\sigma_{расч} = 0$.

Выводы. Показана актуальность инженерных методов расчёта прочности твердосплавного режущего инструмента при черновых операциях и операциях прерывистого резания из-за хрупкого разрушения вследствие растягивающих напряжений, возникающие на передней поверхности инструмента за пределами зоны контакта.

Предложен метод определения геометрических параметров режущего инструмента по критерию «нулевого» уровня напряжений для условий резания создающих благоприятные прочностные условия в режущей части («нейтральная линия» напряжений совпадает с передней поверхностью инструмента) и приведены формулы для расчёта таких напряжений по данным о величине составляющих силы резания.

Список літератури

1. Хаєт, Г.Л. Прочность режущего инструмента. / Г.Л. Хаєт. – М.: Машиностроение, 1975. – 168 с.
2. Бетанели А.И. Прочность и надежность режущего инструмента [Текст] : научное издание / А. И. Бетанели. – Тбилиси : Сабчота Сакартвело, 1973. – 304 с.
3. Основы теории резания материалов: учебник [для высш. учебн. заведений] / Мазур Н.П., Внуков Ю.Н., Грабченко А.И. [и др.] ; под общ. ред. Н.П. Мазура и А.И. Грабченко. – 2-е изд., перераб. и дополн. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2013. – 534 с.
4. Остафьев В.А. Диагностика процесса металлообработки / В.А. Остафьев, В.С. Антонюк, Г.С. Тымчик.–К.:Техніка. 1991.- 152 с
5. Лолодзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. / Т.Н. Лолодзе: – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
6. Остафьев В.А. Расчет динамической прочности режущего инструмента. / В.А. Остафьев. – М.: Машиностроение. 1979. 168 с.
7. Петрусенко Л.А. Расчёт напряжений, возникающих в опасной зоне лезвийной части режущего инструмента / Л.А. Петрусенко, В.С. Антонюк // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: Машинобудування – К.: НТУУ «КПІ», 2016.– Вип.77. - С. 147 - 156.
8. Остафьев В.А. Физические основы процесса резания. / В.А. Остафьев, В.С. Антонюк, С.П. Выслоух [и др.] ; под. общ. ред. В.А. Остафьева. – Киев: изд. «Вища школа», 1976. - 136 с.
9. Ильченко Н.Я. Об особенностях напряженного состояния режущей части инструмента при прерывистом резании / Н.Я. Ильченко, В.В. Ковтуненко, Л.А. Петрусенко // Резание и инструмент. Харьков, 1979. - №22. - С.72-77.
10. Зорев Н.Н. Расчёт составляющих силы резания / Н.Н.Зорев – М.: Машгиз, 1952. – 364 с.
11. Майборода В.С. Влияние условий магнитно-абразивного оброблення на радіус округлення різальних кромок, поверхневу твердість та шорсткість робочих поверхонь багатограничних непереоточуваних пластин // В.С. Майборода Д.Ю. Джулій, І.В.Ткачук – Вісник СевНТУ. Зб.наук. праць. Серія: Машинобудування і транспорт. – Вип.128. - 2012. – С.67-71.
12. Трилисский В.О., Большаков Г.С. Расчёт сил резания для инструмента с округлённой режущей кромкой. / В.О. Трилисский, Г.С. Большаков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2007 – №3. – стр 116 – 122.
13. Басова, Е.В. Технологическое обеспечение качества и точности поверхностей деталей из закаленных хромомолибденовых сталей методом высокоскоростного фрезерования: дис... канд. техн. наук : 05.02.08 / Басова Евгения Владимировна. – Харьков, 2014. – 236 с. – Библиогр. : с. 214–226.
14. Басова Е.В. Обеспечение точности изготовления сложнопровильных поверхностей концевыми фрезами на обрабатывающих центрах/ Е.В. Басова // Проблемы проектирования и автоматизации в машиностроении – 2015: сборник научных трудов [Текст] / Закрытое акционерное общество «ОНИКС». – Ирбит: ЗАО «ОНИКС», 2015. – 235 с.: ил, табл.; – С. 153-162.
2. Betaneli, A.I. (1973), Prochnost' i nadezhnost' rezhushhego instrumenta [Durability and reliability of the cutting tool], Tbilisi : Sabchota Sakartvelo, 1973. – 304 p.
3. Mazur, N.P., Vnukov, Ju.N., Grabchenko, A.I. end dr. (2013), Osnovy teorii rezaniya materialov [Foundations theory of cutting materials], Mazur, N.P. and A.I. Grabchenko (ed), 2 nd(eg), NTU «HPI», Harkov,–, 2013. – 534 p.
4. Ostaf'ev, V.A. V.S. Antonyuk, H.S. Tymchuk (1991), Diagnostika processa metallobrobтки [Diagnosis of metalworking process], Kyiv, Tehnika. 1991. - 152 p.
5. Loladze, T.N. Prochnost' i iznosostojkost' rezhushhego instrumenta [The durability and wear resistance of the cutting tool], Mashinostroenie, Moscow 1982. – 320 p.
6. Ostaf'ev, V.A. Raschet dinamicheskoy prochnosti rezhushhego instrumenta. [Calculation of the dynamic durability of the cutting tool], Mashinostroenie, .Moscow., 1979. 168 p.
7. Petrusenko L.A., Antonyuk V.S. Raschet napriazheniy, voznykaiushchykh v opasnoi zone lezvyinoi chasty rezhushcheho ystrumenta [Calculation of stresses arising in the danger zone of the blade portion of the cutting tool] // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut»: Mashynobuduvannya – Kiev: NTUU «KPI». 2016. – Vyp.77. - pp. 147- 156.
8. Ostaf'ev, V.A., Antonyuk, V.S., Vyslouh, S.P. end dr. Fizicheskie osnovy processa rezaniya [Physical bases of the cutting process], Ostaf'ev V.A. (ed) Vishha shkola, Kiev.,1976. - 136 p.
9. Il'chenko, N.Ja., Kovtunenکو, V.V., Petrusenko, L.A, Ob osobennostyah napriazhennogo sostoyaniya rezhushhej chasty instrumenta pri preryvistom rezanii [On peculiarities of the reliability state of the cutting part of the tool during intermittent cutting], Rezanie i instrument. No 22, Harkov., 1979. – No 22. - pp.72-77.
10. Zorev N.N. Raschet sostavlyaiushchykh syl rezaneya [Calculation of the cutting force components]–Moscow: Mashhyz, 1952.-364 p.
11. Maiboroda V.S D.Iu. Dzhulii, I.V.Tkachuk Vplyv umov mahnitno-abrazyvnoho obrobлення na radius okruhlennia rizalnykh kromok, poverkhnevu tverdist ta shorstkist robochykh poverkhon bahatohrannykh neperetochuvanykh plastyn [Influence of magnetic-abrasive processing for rounding cutting edge radius, surface hardness and roughness of working surfaces of polygonal plates neperetochuvanyh] // Vistnyk SevNTU. Zb.nauk. prats. Seriya: Mashynobuduvannya i transport. – Vol.128.- 2012. – pp. 67-71.
12. Trylysskiy V.O., Bolshakov H.S. Raschet syl rezaniya dlia ystrumenta s okruhl'ennoi rezhushchei kromkoi. [Calculation of cutting forces for a tool with a rounded cutting edge.] // Yzvestiya vysshnykh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy rehyon. Tekhnicheskyye nauky. 2007. – No 3. – pp. 116 – 122/
13. Basova E.V. Technological support surface quality and precision elements made of hardened chrome-molybdenum steel by high-speed milling [Tekhnologicheskoe obespechenie kachestva i tochnosti poverkhnostey detaley iz zakalennykh khromomolibdenovykh staley metodom vysokoskorostnogo frezerovaniya]:... dis... kand. tekhn. nauk : 05.02.08 / Basova Evgeniya Vladimirovna. – Kharkov, 2014. – 236 p. – Bibliogr. : pp. 214–226
14. Basova E.V. Obespechenie tochnosti izgotovleniya slozhnoprofilnykh poverkhnostey kontsevyimi frezami na obrabatyvayuschih tsentrah [Ensuring the accuracy of the manufacture of sophisticated surfaces with end mills at machining centers]. Problemyi proektirovaniya i avtomatizatsii v mashinostroenii – 2015: sbornik nauchnykh trudov. Zakryitoe aktsionerное obschestvo «ONIKS». – Irbit: ZAO «ONIKS», 2015. – 235 p.: il, tabl. pp. 153-162.

Bibliography (transliterated)

1. Haet, G.L. (1975), Prochnost' rezhushhego instrumenta [The durability of the cutting tool], Mashinostroenie, Moscow, 1975. – 168 p.

Поступила (received) 12.03.17

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Розрахунковий метод визначення геометричних параметрів твердосплавного різального інструмента / Л.А. Петрусенко, В.С. Антонюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 17 (1239). – С. 55–60. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2079–004X.

Расчётный метод определения геометрических параметров твердосплавного режущего инструмента / Л.О. Петрусенко, В.С. Антонюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 17 (1239). – С. 55–60. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2079–004X.

Calculation method for determining the geometric parameters of carbide cutting tools / L. Petrusenko, V. Antonyuk // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Techniques in a machine industry. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 17 (1239). – P.55–60. – Bibliogr.: 14. – ISSN 2079-004X.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Петрусенко Леонід Олександрович – провідний інженер кафедри «Виробництва приладів» Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ; тел.: (050) 078-52-56; e-mail: la.petrusenko@gmail.com;

Антонюк Віктор Степанович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Виробництва приладів» Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м Київ; тел.: (044) 204-94-75; e-mail: vp@kpi.ua\$;

Петрусенко Леонид Александрович – ведущий инженер кафедры «Производства приборов» Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» г. Київ; тел.: (050) 078-52-56; e-mail: la.petrusenko@gmail.com;

Антонюк Виктор Степанович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Производства приборов» Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г Киев; тел.: (044) 204-94-75; e-mail: vp@kpi.ua;

Petrusenko Leonid Oleksandrovych – Lead Engineer of Department of Instrument Design and Engineering" National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv; tel.: (050) 078-52-56; e-mail: la.petrusenko@gmail.com;

Antonyuk Viktor Stepanovych – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Professor of Department of Instrument Design and Engineering" National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv; tel.: (044) 204-94-75; e-mail: vp@kpi.ua.