**Висновки.** За результатами виконаного експериментального дослідження процесу фрикційного зміцнення площинних поверхонь деталей встановлені співвідношення між режимами оброблення (вертикальна подача, поперечна подача, швидкість переміщення стола верстата) та величинами складових сил тертя у зоні контакту, що дасть змогу прогнозувати значення показників якості поверхневого шару металу. Встановлено діапазони раціональної зміни режимів фрикційного оброблення поверхонь деталей, які обмежуються технологічними характеристиками верстатного обладнання.

*1. Ляшенко Б.А., Клименко С.А. Тенденции развития упрочняющей поверхностной обработкой и положение в Украине // Сучасне машинобудування. – 1999. – № 1. – С. 94–104. 2. Бабей Ю.И., Бутаков Б.И., Сысоев В.Г. Поверхностное упрочнение металлов – К.: Наук. думка, 1995. – 253 с. 3. Грановский Г.Л., Грановский В.Г. Резание металлов. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.*

**УДК 621.9.061**

**Я.М. Кусий, Я.М. Литвиняк, В.Г. Топільницький***
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра технології машинобудування,
*кафедра електронного машинобудування

# РОЗРАХУНОК ПРОФІЛЮ ФАСОННИХ РІЗЦІВ ЗАСОБАМИ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*ã Кусий Я.М., Литвиняк Я.М., Топільницький В.Г., 2009*

**Розроблено алгоритм корекційного розрахунку профілю дискових зовнішніх (внутрішніх) фасонних різців та програми автоматизованого розрахунку їх профілю.**

**The calculation's algorithm of the disk external (internal) shaped chisels and program of avtomatization calculation of their types are suggested.**

**Постановка проблеми.** Фасонні різці мають форму різальних лез, яка зумовлена формою профілю обробленої деталі. Різці з фасонним різальним лезом застосовують для оброблювання поверхонь обертання і гвинтових поверхонь на токарних і револьверних верстатах, автоматах і напівавтоматах тощо. На відміну від звичайних різців вони забезпечують ідентичність форми, точність розмірів виробів, високу продуктивність (з огляду на одночасне оброблення усіх ділянок фасонного профілю) та значну економію основного (машинного) часу. Завдяки нескладній технології перезагострення по передній поверхні фасонні різці зручні в експлуатації [1, 2, 3].

Дискові (круглі) фасонні різці, які застосовують у великосерійному та масовому виробництвах, найдовговічніші в роботі, простіші у технологічному виконанні порівняно із стрижневими та призматичними різцями. Окрім того, тільки дискові фасонні різці застосовують для внутрішнього оброблення профілю заготовки [4, 5].

Однак, незважаючи на беззаперечні переваги фасонних різців, впровадження їх у виробництво гальмується значною вартістю цих металорізальних інструментів, пов'язаною як з трудомісткістю проектування, так і з технологією виготовлення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розрахунок спотворених розмірів профілю фасонного різця в його профільній площині по відношенню до профілю деталі (коригування) – найскладніше завдання, яке розв'язують під час його проектування.

Розрізняють такі різновиди корекційних розрахунків [2, 3]:

1) табличний із застосуванням спеціально розроблених таблиць;

2) аналітичний із використанням нескладних тричленних рівнянь;
3) графічний;
4) автоматизований за допомогою сучасного програмного забезпечення на ПЕОМ.

Перший метод корекційних розрахунків громіздкий, об'ємний за часом та недостатньо точний.

Аналітичний метод корекційних розрахунків із використанням нескладних тричленних рівнянь забезпечує бажану точність обчислень, проте без залучення ПЕОМ недостатньо ефективний.

До широкого залучення для виконання інженерних розрахунків графічних креслярських систем ("AutoCAD", "КОМПАС-ГРАФИК" тощо) вважалося, що графічний розрахунок (виконаний в масштабі не менше як 10:1) поступається за точністю аналітичному методу. Однак графічні побудови, виконані, наприклад, у середовищі "КОМПАС-ГРАФИК" дають змогу забезпечити точність, співрозмірну із точністю аналітичного методу коригування. Проте, на нашу думку, застосування графічного методу коригування доцільне для перевірки результатів, отриманих за аналітичного методу.

Розроблення алгоритму коригування дискового зовнішнього (внутрішнього) фасонного різця та його реалізація засобами прикладного програмного забезпечення сприятиме зменшенню трудомісткості та громіздкості розрахунків [4, 5].

**Формулювання мети досліджень**. Мета досліджень – розроблення методики оптимального проектування дискових фасонних різців засобами комп'ютерного математичного програмного забезпечення.

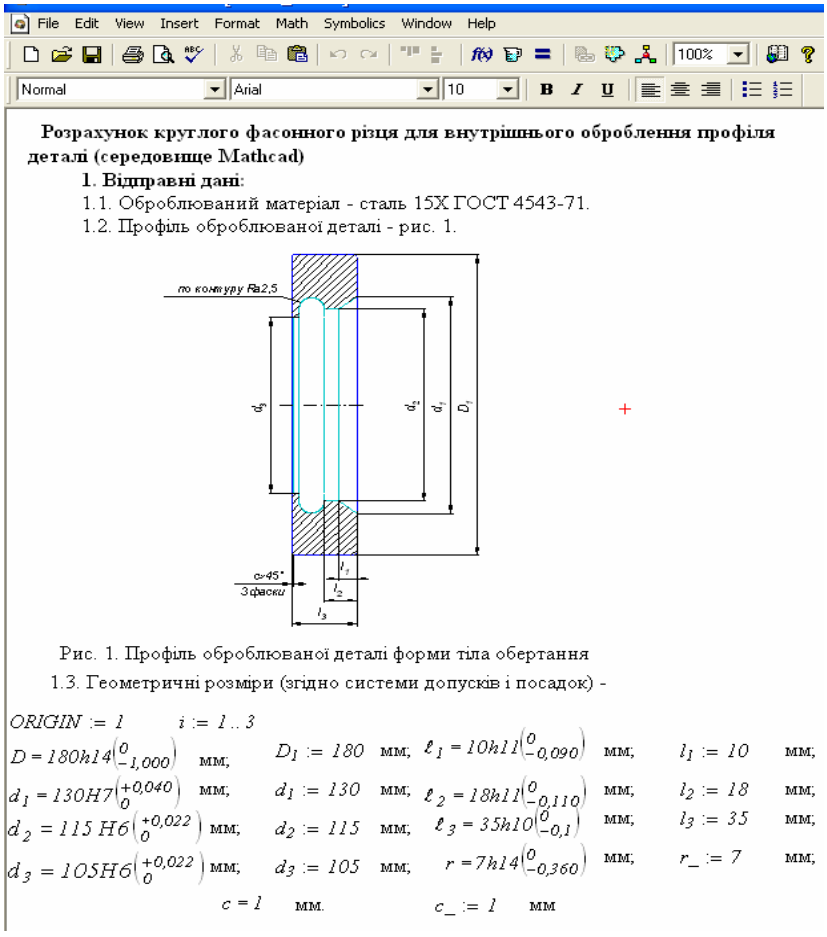


*Рис. 1. Формування блока введення відправних даних для програми "Rizets_vnutri"*

**2. Аналіз відправних даних, вибір габаритних, конструктивних і геометричних розмірів фасонного різця для внутрішнього оброблення**

2.1 Визначення найбільшої глибини (висоти) оброблюваного профіля $z_max$

$$z_max := \frac{(max(d) - min(d))}{2} \qquad (1)$$

$z_max = 12.5$ мм

2.2. Вибір габаритних та конструктивних розмірів фасонного різця

Габаритний (зовнішній) діаметр фасонного різця для внутрішнього оброблення $D$ вибирають залежно від величини $z_max$ і виконання умови:

$$D \le (0.7 \dots 0.9) \cdot min(d) \qquad (2)$$

$D_1max := 0.7 \cdot min(d)$ $D_2max := 0.8 \cdot min(d)$

$D_1max = 72.3$ мм; $D_2max = 84$ мм

Приймаємо такі конструктивні параметри фасонного різця для оброблення внутрішнього профілю деталі:

- зовнішній діаметр різця $D$: $D := 80$ мм;
- діаметр посадного отвору під оправку $d_отв$: $d_отв := 22$ мм;
- діаметр виточки під головку осі $d_1$: $d_1 := 34$ мм;
- діаметр буртика з торцевими зубцями $d_2$: $d_2 := 40$ мм;
- довжина буртика з торцевими зубцями $l_2$: $l_2 := 4$ мм;
- кількість зубців радіального напряму $z$: $z := 36$

2.3. Визначення геометричних параметрів різця (переднього та заднього кутів)

$\gamma := 10$ $\gamma := 10deg$

$\alpha := 12$ $\alpha := 12deg$

2.4. Визначення найменшого значення нормального заднього кута на конічних ділянках фасонного профілю різця

$$\alpha_n_min := atan(tan(\alpha) \cdot cos(\phi)) \qquad (3)$$

$$\phi := atan\left(\frac{\left(\frac{d_1}{2} - \frac{d_2}{2}\right)}{l_1}\right) \qquad (4)$$

$\phi = 26.27 deg$

$\alpha_n_min := atan(tan(\alpha) \cdot cos(\phi))$

$\alpha_n_min = 9.651 deg$ , $|\alpha_min| = 9 deg$ - умова задовольняється.

2.5. Визначення кута переднього загострення різця $\gamma_0$

Кут переднього загострення різця $\gamma_0$ визначають за формулою:

$$\gamma_0 := \alpha - \gamma \qquad (5)$$

$\gamma_0 = 33 deg$

2.6. Визначення розмірів додаткових різальних лез (рис. 2)

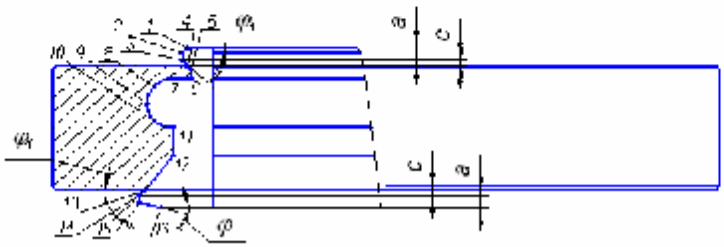

**Рис. 2. Розрахункова схема для визначення конструктивних параметрів круглого фасонного різця**

*Рис. 2. Фрагмент формування блока аналізу відправних даних програми "Rizets_vnutri"*

File Edit View Insert Format Math Symbolics Window Help

**3. Виконання корекційного розрахунку профіля круглого фасонного різця ля внутрішнього оброблення**

3.1. Знаходження радіусів кіл розташування вузлових точок $r_i$ , мм

$ORIGIN := 1 \qquad j := 1..9$

$r_1 := 53.5 \qquad r_2 := 55 \qquad r_3 := 52.5 \qquad r_4 := 57.5$

$r_5 := 62.399 \qquad r_6 := 64.5 \qquad r_7 := 65 \qquad r_8 := 66.5 \qquad r_9 := 60.9019$

$r_j =$

| |
|---|
| 53.5 |
| 55 |
| 52.5 |
| 57.5 |
| 62.399 |
| 64.5 |
| 65 |
| 66.5 |
| 60.9019 |

мм

3.2. Визначення кутів тиску $\delta_j$ у вузлових точках

$ORIGIN := 1 \qquad i := 1..9$

$$\delta := asin\left[\left(\frac{max(r)}{r}\right)\cdot sin(\gamma)\right] \qquad (11)$$

3.3. Обчислення глибин профілю різця $a_p_i$

$$a_p_i := \frac{(max(r) - r_i \cdot cos(\gamma - \delta_i))}{cos(\gamma)} \qquad (12)$$

3.4. Розрахунок радіусів вузлових точок внутрішнього круглого фасонного різця $R_i$

$$R_i := \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + (a_p_i)^2 - 2\cdot\frac{D}{2}\cdot a_p_i \cdot cos(\alpha + \gamma)} \qquad (13)$$

3.5. Обчислення глибин профілю різця в координатному напрямеку OX $a_x_i$

$$a_x_i := \left(\frac{D}{2}\right) - R_i \qquad (14)$$

3.6. Розрахунок діаметрів вузлових точок внутрішнього круглого фасонного різця $D_i$

$$D_i := 2 \cdot R_i \qquad (15)$$

3.7. Результати розрахунків

$\delta_i =$

| |
|---|
| 12.465 |
| 12.1198 |
| 12.7064 |
| 11.5854 |
| 10.6647 |
| 10.3134 |
| 10.2332 |
| 10 |
| 10.93 |

*deg*

$a_p_i =$

| |
|---|
| 13.2508 |
| 11.7156 |
| 14.2754 |
| 9.1612 |
| 4.1685 |
| 2.0318 |
| 1.5237 |
| 0 |
| 5.6926 |

мм;

$R_i =$

| |
|---|
| 28.1551 |
| 29.4661 |
| 27.2931 |
| 31.6923 |
| 36.1687 |
| 38.1237 |
| 38.5915 |
| 40 |
| 34.7873 |

мм;

$a_x_i =$

| |
|---|
| 11.8449 |
| 10.5339 |
| 12.7069 |
| 8.3077 |
| 3.8313 |
| 1.8763 |
| 1.4085 |
| 0 |
| 5.2127 |

$D_i =$

| |
|---|
| 56.3102 |
| 58.9323 |
| 54.5862 |
| 63.3845 |
| 72.3375 |
| 76.2474 |
| 77.183 |
| 80 |
| 69.5747 |

***Рис. 3. Результати розрахунку профілю леза внутрішнього дискового фасонного різця***

**Виклад основного матеріалу.** Сучасні засоби комп'ютерні математичні пропонують різноманітні інтегровані програмні системи та пакети програм для автоматизації математичних розрахунків: Evreka, Derive, Mathematika, Matlab, Maple тощо. Система MathCAD, що має зручну для користувача-початківця оболонку, є ефективною для автоматизованих розрахунків і проведення численних та імітаційних експериментів, широко використовується у навчальному процесі і в практиці науково-експериментальних досліджень.

В [4] алгоритм корекційного розрахунку профілю різального леза зовнішнього дискового фасонного різця складається із двох блоків: блока формування та введення відправних даних і блока розрахунку профілю різального леза. Власний досвід проведення розрахунків у середовищі MathCAD свідчить, що доцільніше блок формування та введення відправних даних розділити на два: 1) блок введення відправних даних; 2) блок аналізу відправних даних, вибір габаритних, конструктивних і геометричних розмірів фасонного різця для внутрішнього (зовнішнього) оброблення. Це дає змогу забезпечити системність розрахунків.

Отже, модернізований алгоритм коригування дискового фасонного різця складається із таких блоків: блока введення відправних даних; блока аналізу відправних даних, вибору габаритних, конструктивних і геометричних розмірів фасонного різця; блока виконання корекційного розрахунку профілю різця.

Фрагменти усіх блоків програми "Rizets_vnutri" для розрахунку профілю різального леза внутрішнього фасонного різця з радіальною подачею, створеною у середовищі MathCAD за заданим алгоритмом, показано на рис. 1, 2, 3 відповідно. Також розроблено програму "Rizets_zovni" для розрахунку профілю різального леза зовнішнього фасонного різця з радіальною подачею.

Найтрудомісткішими етапом є формування та аналіз відправних даних. Зокрема, під час формування відправних даних для розрахунку круглого фасонного різця, згідно з кресленням деталі та матеріалу заготовки, проектант за найбільшою глибиною (висотою) оброблюваного профілю визначає зовнішній діаметр різця $D$, вибирає його геометричні параметри (передній кут $g$ і задній кут $a$) і встановлює радіуси вузлових точок деталі $r_i$. Перераховані конструктивні та геометричні параметри ($D, \gamma, \alpha, r_i$) слугують відправними даними для подальших розрахунків.

Аналітичне коригування дискових фасонних різців у середовищі MathCAD дає можливість користувачу візуально оцінювати проміжні та кінцеві результати розрахунків. Введення відправних даних займає декілька хвилин, розрахунок профілю різального леза фасонного різця – декілька секунд. За отриманими результатами розрахунків виконують робоче креслення різця.

**Висновки.** Розроблена та апробована методика оптимального проектування фасонних дискових різців забезпечує істотне зменшення витрат часу на стадії технологічної підготовки виробництва відповідного класу деталей та створення електронних моделей відповідних металорізальних інструментів для їхнього контролю сучасними вимірювальними засобами.

*1. Кукляк М.Л., Афтаназів І.С., Юрчишин І.І. Металорізальні інструменти. Проектування. – Львів: Видавництво Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2002. – 455 с. 2. Иноземцев Г.И. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1984. – 252 с. 3. Родин П.Р. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1987. – 344 с. 4. Кусий Я.М., Литвиняк Я.М., Махоркін Є.М., Костюк О.С., Широков В.В. Автоматизований розрахунок профілю різального леза фасонних різців в середовищі MATHCAD // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції "Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях", 20–24 лютого 2006 р., смт. Славсько Львівської області. – С. 143–147. 5. Широков В.В., Кусий Я.М., Махоркін Є.М, Смик І.В. Автоматизований розрахунок профілю внутрішніх дискових фасонних різців // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції "Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях", 20–25 лютого 2007 р., смт. Славсько Львівської області. – С. 311–312.*