

УДК 621.95.02

Ю.О. Гриньов, О.В. Мірошниченко ,
Т.А. Воєводіна, А.Б. Воєводін, В.В. Кундеус
Донецький національний технічний університет, Україна
Приазовський державний технічний університет, Україна
Тел. +38 062 301 07 31; E-mail: mc@mech.dgtu.donetsk.ua

ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ ЗБІРНИМИ СВЕРДЛАМИ

Запропоновано методику визначення складових сили різання на змінних різальних пластинах при свердлінні за допомогою емпіричних залежностей.

Ключеві слова: збірне свердло, сила різання, складова, коефіцієнт, рівняння.

Вступ

Україна має дуже вигідне географічне розташування з точки зору забезпечення транспортних зв'язків між західною Європою, східною Європою та Азією. Одним з найпоширеніших типів транспорту для здійснення перевезення великої кількості вантажів є залізниця. При цьому для забезпечення мінімуму затрат на заміну та ремонт залізничної колії до рейок висувають жорсткі умови з геометричної точності та фізико-механічних властивостей. Для забезпечення високих експлуатаційних властивостей залізничні рейки виготовляють термозміцненими [1]. В результаті чого, подальша механічна обробка даних рейок, твердість яких досягає 38 HRC₂, можлива лише за допомогою твердосплавного різального інструменту. Для виконання отворів у шийках рейок під кріпильні елементи застосовують збірні свердла з механічним кріпленням твердосплавних багатогранних непереточуваних пластин (БНП) (рис. 1). Як показує досвід обробки [2] свердла, що застосовуються, мають низьку працездатність. Це пояснюється складними умовами роботи осьового інструменту викликаними особливостями конструкції свердел та процесу обробки [3]. Одним із шляхів підвищення працездатності збірних свердел є визначення раціональних геометричних та конструктивних параметрів робочої частини свердла, а також режимів різання для забезпечення більш сприятливих умов обробки отворів. Для вирішення поставленої задачі необхідно провести аналіз впливу даних параметрів на силу різання. Як показав огляд науково-технічної та довідкової літератури [4-6], в теперішній час відсутня методика розрахунку складових сили різання при свердлінні отворів збірними свердлами з механічним кріпленням БНП. В зв'язку з цим, для вирішення задачі пошуку раціональних параметрів робочої частини інструменту та режимів різання, необхідно визначити за допомогою яких залежностей можливо адекватно описати

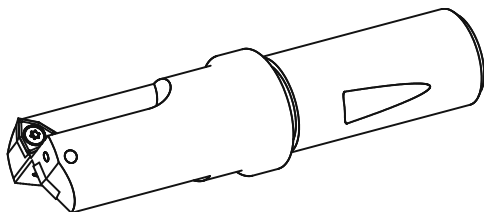


Рис. 1. Загальний вигляд збірного свердла з механічним кріпленням БНП

розподілення складових сили різання по кромках різальних пластин свердла при обробці отворів. При цьому необхідно провести порівняння результатів розрахунків за обраними залежностями та експериментальних досліджень.

Метою роботи є визначення складових сили різання, які виникають під час свердління, на різальних кромках твердосплавних БНП.

Основний зміст та результати роботи

Аналіз літературних джерел показав, що для заданих умов оброблення – свердління важкооброблюваних матеріалів збірними свердлами із БНП - не існує емпіричних залежностей. Наведені у літературі [6] залежності призначені для визначення лише осьової складової сили різання та обертового моменту при свердлінні отворів спіральними свердлами, що не відповідає умовам свердління збірними свердлами з механічним кріпленням БНП. Якщо представити процес свердління збірним свердлом, як роботу двох канавкових різців з механічним кріпленням різальних пластин при точінні торцевих канавок, то можливо для кожної різальної пластини свердла розрахувати тангенціальну та осьову складову сили різання за допомогою відповідних емпіричних залежностей для умов точіння канавок [6]

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p.$$

Постійна C_p та показники ступеня x , y , n для конкретних умов обробки для кожної складової різання приведені у відповідних таблицях [6].

Поправочний коефіцієнт K_p представляє з себе добуток кількох коефіцієнтів, які враховують фактичні умови різання.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

де K_{mp} – коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу;

$K_{\phi p}$ – коефіцієнт, який враховує значення головного кута в плані;

$K_{\gamma p}$ – коефіцієнт, який враховує значення головного переднього кута;

$K_{\lambda p}$ – коефіцієнт, який враховує значення кута нахилу головної різальної кромки;

K_{rp} – коефіцієнт, який враховує значення радіуса при вершині БНП.

Числові значення цих коефіцієнтів також наведені у відповідних таблицях [6].

Відомо [7], що збірні свердла мають змінні геометричні параметри вздовж різальних кромки (рис. 2). Це викликає також зміну відповідних коефіцієнтів, що входять до залежності з розрахунку складових сили різання.

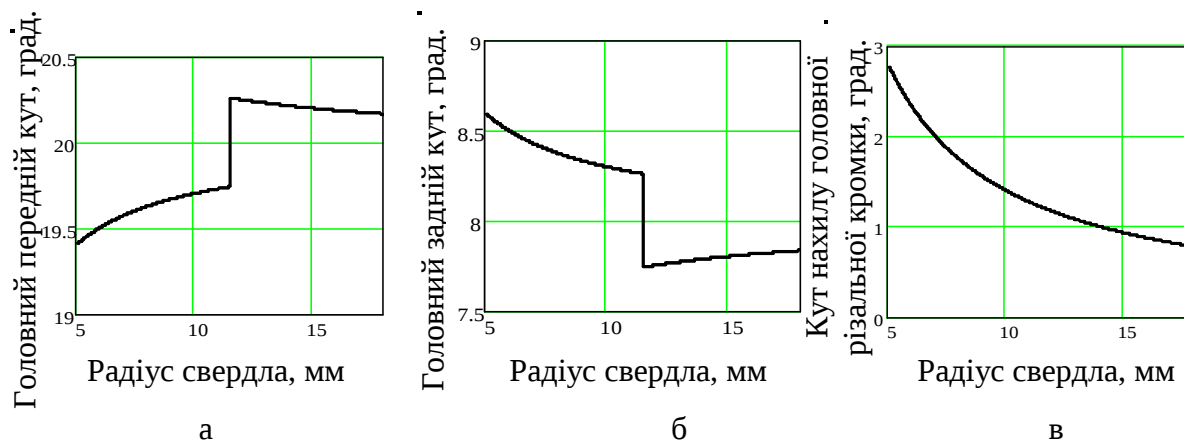


Рис. 2. Зміна геометричних параметрів вздовж різальної кромки периферійної пластини: а – головного переднього кута; б – головного заднього кута; в – кута нахилу головної різальної кромки

В літературі наведені значення коефіцієнтів лише для декількох значень відповідних параметрів з значним інтервалом між ними. Величини інтервалів, наприклад, для кута нахилу головної різальної кромки складають 5 та 10 градусів між значеннями -5, 0, 5 та 10 градусів. Це не дає змоги оцінити вплив зміни геометричних параметрів при їх зміні в діапазоні, наприклад, від 0 до 3 градусів. З метою усунення цього недоліку, нами запропоновані залежності з розрахунку коефіцієнтів при визначенні складових сили різання, що враховують реальні умови обробки, отримані апроксимацією довідкових даних за методом найменших квадратів.

Для коефіцієнта K_{φ} (рис. 3) були отримані наступні залежності:

$$K_{\varphi_z} = -0,1752 \cdot \ln(\varphi) + 1,6698;$$

$$K_{\varphi_y} = -0,7328 \cdot \ln(\varphi) + 3,7873;$$

$$K_{\varphi_x} = 0,3567 \cdot \ln(\varphi) - 0,3943.$$

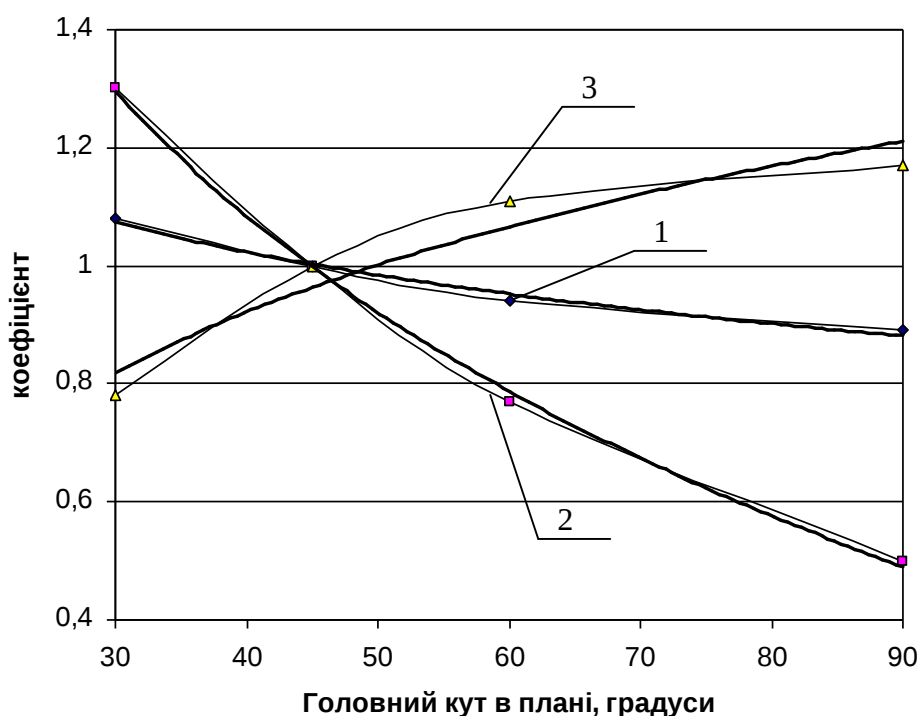


Рис. 3. Графіки залежностей коефіцієнта K_{φ} від значення головного кута в плані при розрахунку складових сили різання: 1 – тангенціальної; 2 – радіальної; 3 – осьової

Для коефіцієнта K_{γ} (рис. 4) були отримані наступні залежності:

$$K_{\gamma_z} = -0,01 \cdot \gamma + 1,1;$$

$$K_{\gamma_y} = K_{\gamma_x} = -0,04 \cdot \gamma + 1,4.$$

Для коефіцієнта K_{λ} (рис. 5) були отримані наступні залежності:

$$K_{\lambda_z} = 1;$$

$$K_{\lambda_y} = 0,0474 \cdot \lambda + 0,9971;$$

$$K_{\lambda_x} = -0,0217 \cdot \lambda - 0,9737.$$

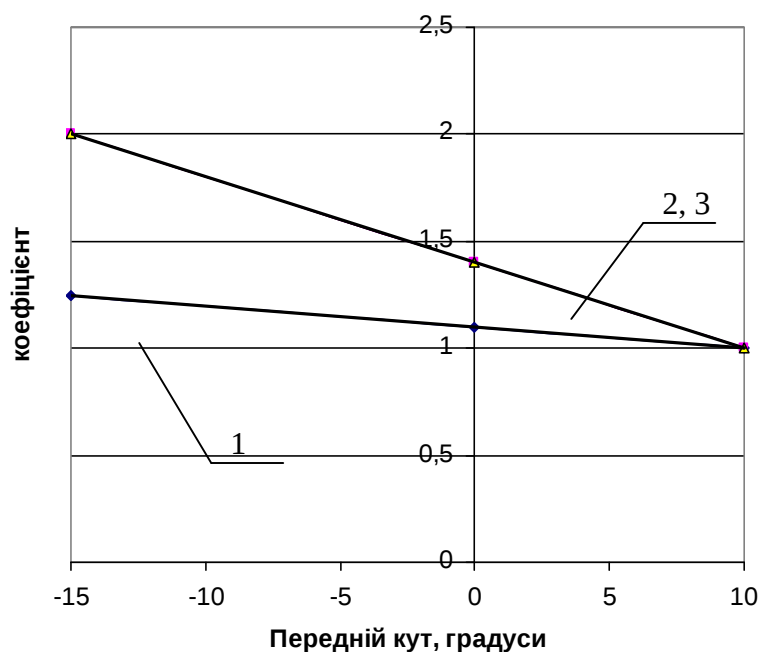


Рис. 4. Графіки залежностей коефіцієнта $K_{гр}$ від значення головного переднього кута при розрахунку складових сили різання: 1 – тангенціальній; 2 – радіальній; 3 – осьовій

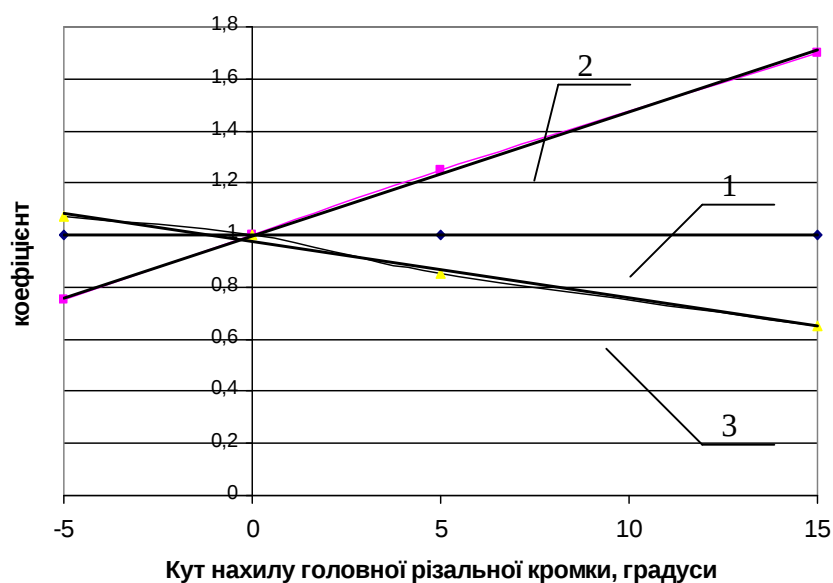


Рис. 5. Графіки залежностей коефіцієнта $K_{\lambda p}$ від значення кута нахилу головної різальної кромки при розрахунку складових сили різання: 1 – тангенціальній; 2 – радіальній; 3 – осьовій

Для умов обробки інструментом з різальною частиною з твердого сплаву коефіцієнт $K_{гр}$ дорівнює одиниці.

З урахуванням отриманих значень геометричних параметрів вздовж різальної кромки пластини (див. рис. 2) та значень коефіцієнтів, що відповідають їм, проведемо розрахунок складових сили різання. Розрахунок проводили при наступних вихідних даних: радіуси вершин різальної пластини дорівнюють нулю; головна різальна кромка розподілена на дві ділянки, обмежених вершинами БНП (рис. 5), при цьому довжина кожної дорівнює 6,62 мм; подача складає 0,05 мм/об; частота обертання свердла – 630 об/хв.

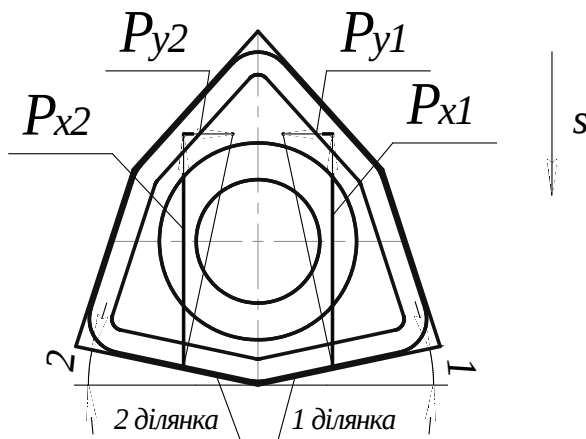


Рис. 6. Розподілення головної різальної кромки БНП на ділянки

При розрахунку коефіцієнтів, які враховують реальні умови процесу обробки, визначали значення відповідних коефіцієнтів вздовж різальної кромки з дискретністю 0,01 мм. Далі для кожної ділянки головної різальної кромки визначали середні коефіцієнти за формулами:

$$K_{\varphi p} = \sum_{i=1}^n K_{\varphi p_i} ; \quad K_{\gamma p} = \sum_{i=1}^n K_{\gamma p_i} ; \quad K_{\lambda p} = \sum_{i=1}^n K_{\lambda p_i} ,$$

де n – кількість розрахункових точок вздовж відповідної ділянки різальної кромки БНП.

В результаті розрахунку отримали значення тангенціальних та осьових складових сили різання для кожної ділянки головної різальної кромки: $P_{z1} = 1238$ Н; $P_{x1} = 251$ Н; $P_{z2} = 1246$ Н; $P_{x2} = 270$ Н. Знаючи величини осьових складових сили різання на кожній ділянці, визначимо відповідні радіальні складові сили різання кожної ділянки за формулами (див. рис. 6):

$$P_{y1} = P_{x1} \cdot \operatorname{tg} \chi_1 ; \quad P_{y2} = P_{x2} \cdot \operatorname{tg} \chi_2 ,$$

де χ_1, χ_2 – кути установки БНП в корпусі відповідно на першій та другій ділянках головної різальної кромки (див. рис. 6).

$$P_{y1} = 53 \text{ Н}; \quad P_{y2} = 57 \text{ Н}.$$

Після визначення всіх складових сили різання на ділянках головної різальної кромки, розрахуємо сумарні значення тангенціальної, радіальної та осьової складових на БНП за формулами:

$$P_z = P_{z1} + P_{z2} ; \quad P_y = P_{y1} - P_{y2} ; \quad P_x = P_{x1} + P_{x2} .$$

$$P_z = 1238 + 1246 = 2484 \text{ Н}; \quad P_y = 53 - 57 = -4 \text{ Н}; \quad P_x = 251 + 270 = 521 \text{ Н}.$$

Знак мінус у радіальній складовій означає, що складова діє в напрямку від осі свердла.

Висновки. Результати розрахунків складових сили різання на БНП за запропонованою методикою при свердлінні збірними свердлами показали, що, навіть при рівних кутах установки ділянок головної різальної кромки БНП в корпусі свердла, наявна невідносна радіальна складова сили різання на пластині. При встановленні БНП в корпусі свердла з різними кутами установки ділянок головної різальної кромки, величина радіальної невідносної складової зміниться. Це явище ускладнюється наявністю в корпусі свердла двох різальних пластин (див. рис. 1) з криволінійними головними різальними кромками, які установлені не симетрично відносно осі корпусу. В результаті дії невідносної радіальної складової ускладнюються умови роботи свердла, що призводить до зниження його працездатності. В подальшому запропонована методика розрахунку складових сили різання на пластині збірного свердла буде уточнюватися відповідно до експериментальних даних та використовуватися для визначення геометричних та конструктивних параметрів збірного свердла, які забезпечать мінімум радіальної невідносної сили при свердлінні.

Список літератури:

1. Рельсы железнодорожные. Общие технические условия: ГОСТ 51685-2000. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 27 с.
2. Баканов А.А. Работоспособность сверл с СМП при сверлении железнодорожных рельсов / А.А. Баканов, С.И. Петрушин // Современные проблемы машиностроения: труды III Междунар. научнотехн. конф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – С. 186–189.
3. Петрушин С.И. Геометрический и силовой анализ сборных сверл со сменными многогранными пластинами / С.И. Петрушин, А.А. Баканов, А.В. Махов // Технология машиностроения. – 2007. – Вып. 10(64). – С. 27 – 30.
4. Холмогорцев Ю.П. Оптимизация процессов обработки отверстий / Ю.П. Холмогорцев. – М.: Машиностроение, 1984. – 184 с
5. Виноградов А.А. Физические основы процесса сверления труднообрабатываемых металлов твердосплавными сверлами / А.А. Виноградов. – К.: Наук.думка, 1985. – 263 с.
6. Справочник технолога машиностроителя: в 2 т. / [ред.: Косилова А.Г., Мещеряков Р.К.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – Т.2. – 1985. – 496 с.
7. Гринёв Ю.А. Определение статических геометрических параметров сборных сверл / Ю.А. Гринёв, Т.А. Воеводина, Е.Н. Царенко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. – 2011. – Вип. 8 (190). – С. 200 – 209.

Надійшла до редколегії 07.02.2012.

**Ю.А. Гринёв, А.В. Мирошніченко,
Т.А. Воеводина, А.Б. Воеводин, В.В. Кундеус**
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЛЫ
РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ СБОРНЫМИ
СВЕРЛАМИ**

Предложена методика определения составляющих силы резания на сменных режущих пластинах при сверлении с помощью эмпирических зависимостей.
Ключевые слова: сборное сверло, сила резания, составляющая, коэффициент, уравнение.

**Y.A. Grinyov, A.V. Miroshnichenko,
T.A. Voevodina, A.B. Voevodin, V.V. Kundeus**
**DEFINITION OF COMPONENTS OF FORCE
OF CUTTING AT DRILLING BY MODULAR
DRILLS**

The cutting force components technique on indexable inserts during drilling by means of empirical dependences is offered.
Keywords: modular drill, cutting force, component, factor, the equation.