

В. Дзюра

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ ДОРНУВАННЯ ПІВКРУГЛИХ ШЛІЦЕВИХ КАНАВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Виведено аналітичні залежності для визначення зусилля дорнування в залежності від конструктивних і технологічних параметрів. Побудовано графіки залежностей зусилля дорнування в залежності від величини загального натягу, висоти розміщення робочих елементів інструменту за умови забезпечення рівномірного режиму його навантаження.

V. Dzyura

TECHNOLOGICAL BASES OF PROCESS OF CALIBRATION HALF-ROUND SLOTS OF MACHINE DETAIL

Equalization is shown out for determination of height of placing of working elements of instrument on condition of providing of the even mode of his loading. It is investigational conformity to the law of placing of working elements of instrument from the size of admittances, which are taken off by them on the different stages of forming of half-round groove ditches.

Умовні позначення

- R – радіус кульки, мм;
- α – кут деформації канавки в поздовжньому сиченні, град;
- β – кут деформації канавки в поперечному сиченні, град;
- Δ – величина припуску на обробку, мм;
- h – глибина канавки, мм;
- μ – коефіцієнт тертя ковзання;
- m – кількість кульок, які одночасно профілюють декілька канавок деталі;
- k – коефіцієнт, що враховує короткотермінові та важкопрогнозовані процеси (короткочасну зміну режиму тертя, неоднорідність оброблюваного матеріалу, і.т.д.).

Обробка деталей пластичним деформуванням – один з найпродуктивніших методів обробки деталей в сучасному машинобудуванні. Оскільки ці процеси протікають при високих швидкостях і відбуваються з деформуванням оброблюваного матеріалу, то зусилля, що діють на інструмент, значно перевищують зусилля при механічному різанні. Тому ці методи обробки деталей машин вимагають обґрунтування конструктивних параметрів з метою забезпечення надійності.

Питанням дослідження зусилля дорнування займалися багато вчених [1,2,3], однак низка питань залишається невирішеними.

Дослідження виконувалися в рамках пріоритетного напрямку науки і техніки “Новітні та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі” на 2002-2007 роки.

Тому метою даної роботи є визначення конструктивних параметрів інструменту з метою забезпечення його надійності і збільшення стійкості.

Забезпечення процесів механічної обробки надійними інструментами є однією з найголовніших задач конструкторів. На надійність інструменту і якість оброблюваної ним поверхні значний вплив має зусилля, що сприймається інструментом. Воно залежить від багатьох технологічних параметрів і конструктивного виконання інструменту.

Дорнування півкруглих шліцевих канавок деталей машин є складним процесом, оскільки відбувається з пластичним деформуванням оброблюваного матеріалу. Метою даної статті є розроблення моделі пластичного деформування півкруглих шліцевих канавок з визначенням зусилля дорнування.

Для визначення осьової сили, яку необхідно прикласти до інструменту розглянемо процес деформування кулькою заданого припуску на обробку (рис. 1).

При деформуванні матеріалу на кульку з боку основного матеріалу діє розподілене зусилля напруженістю $\sigma(\alpha)$, величина якого залежить від деформації відповідної ділянки матеріалу величина якої напряму зв'язана із кутом α і β . Найбільш деформованою є ділянка під вершиною кульки, тому напруження в цій точці максимальні. Відповідно, найменш деформованою і напруженою є ділянка на межі контакту кульки із матеріалом деталі. Виходячи з того факту, що метою оброблення деталі є її пластична деформація у зоні контакту з кулькою, можна з достатньою для практики точністю вважати, що напруження деформації матеріалу деталі перейшли межу пластичності практично на всій зоні контакту кульки з матеріалом деталі, причому сама кулька та оправка зазнають лише пружних деформацій. Точно розрахувати напружено-деформований стан деталі і кульки, особливо з урахуванням зусиль тертя на поверхні деформування, занадто складно, а отриманий результат на практиці повинен бути доповнений коефіцієнтом запасу. Тому вказаний нижче практичний підхід із спрощеним розрахунком зусиль дає можливість оцінити сили, що виникають при обробці деталі.

У розрахунковій моделі прийняті такі припущення:

- деформація кульки та оправки знаходиться у пружних межах;
- кулька проковзує по поверхні деформації без прокочування;
- припуск на обробку поверхні постійний і рівномірно розподілений по профілю канавки;
- напруження пластичності постійні по куту охоплення кульки α і направлені до її центру;
- зміною геометрії кульки і оправки при пружному деформуванні нехтуємо.

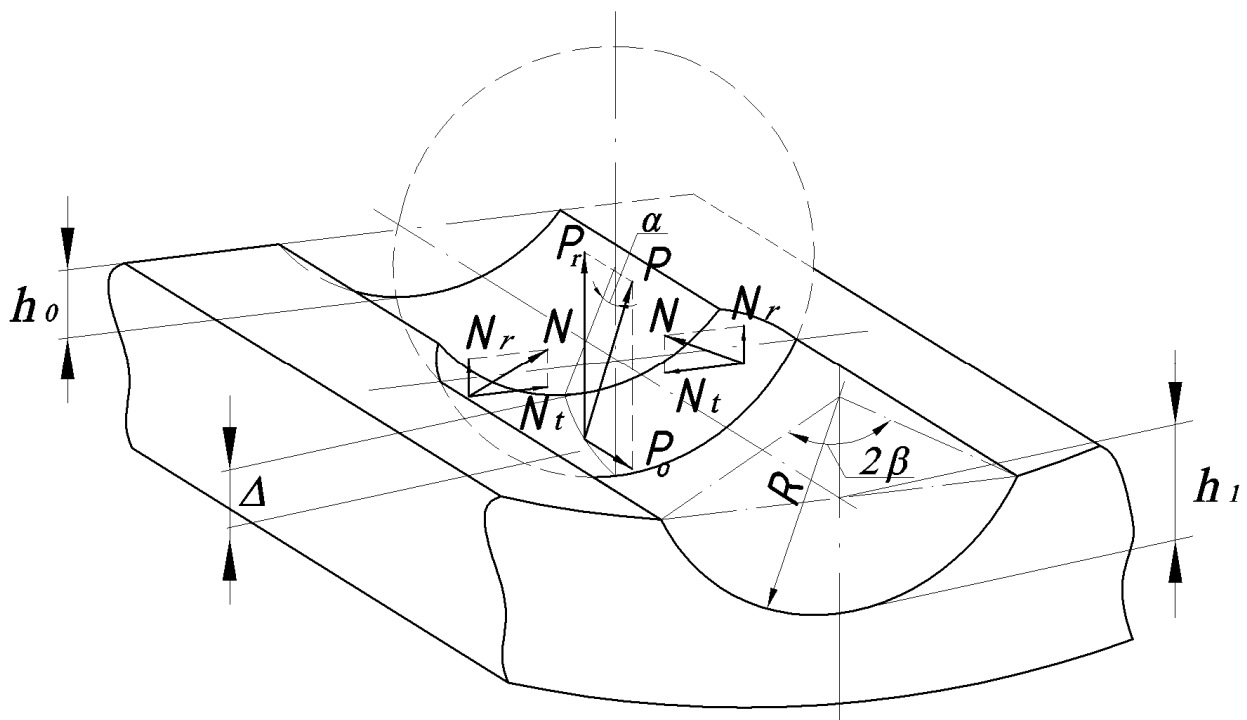


Рисунок 1 – Розрахункова схема дії сил при обробленні півкруглої шліцевої канавки

Розглянемо зусилля, що діють на кульку у процесі деформування. З боку оброблюваної деталі діє розподілене зусилля пластичного деформування, напрям якого визначається сумою елементарних векторів напруження. Очевидно, що основна складова зусилля буде направлена перпендикулярно до поверхні обробки, що спричинить значне зростання сили тертя F , направленої проти руху інструменту. Осьова складова сили тиску на деталь буде значно меншою. Сумарна величина сили

тертя та осьової складової реакції визначають зусилля, яке необхідно прикласти до оправки інструменту, щоб здійснити бажаний технологічний процес.

Розглянемо зону деформування, для геометричних параметрів якої характерні такі залежності:

$$R(1 - \cos \alpha) = \Delta \quad (1)$$

Внаслідок малих припусків на фінішну обробку деталі можна скористатись наближеними формулами для обчислення тригонометричних функцій

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \alpha, \\ \cos \alpha &= 1 - \frac{\alpha^2}{2}. \end{aligned} \quad (2)$$

Використавши (2), отримаємо спрощене співвідношення

$$\alpha = \sqrt{\frac{2\Delta}{R}} \quad (3)$$

У поперечному січенні канавка охоплює кульку на куті 2β , який визначається з геометричних розрахунків профілю канавки

$$\beta = \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) \quad (4)$$

Цей кут визначає площу деформованої поверхні S

$$S = 2\alpha\beta R^2 \quad (5)$$

Зусилля, що діє на кульку зі сторони деформованого металу, можна записати як добуток напруження на площу контакту у вигляді

$$P = 2\sigma_s \alpha\beta R^2 \quad (6)$$

Відповідно осьова P_o та радіальна P_r (складові реакції) визначаються за формулами

$$P_o = P \sin \frac{\alpha}{2} = P \sqrt{\frac{\Delta}{2R}}, \quad (7)$$

$$P_r = P \cos \frac{\alpha}{2} = P \left(1 - \frac{\Delta}{4R}\right) \quad (8)$$

Сила тертя ковзання кульки по деформованій поверхні визначиться

$$F = \mu P_r \quad (9)$$

Внаслідок великих зусиль деформування, які призводять до пластичної деформації деталі, коефіцієнт тертя матиме достатньо велике значення, тому що навіть при наявності мастильних речовин внаслідок їх витискання з місця контакту матиме місце режим сухого тертя із великим коефіцієнтом тертя.

Отже, осьова сила, прикладена до інструменту, запишеться у вигляді

$$P_i = m(P_o + \mu P_r) \quad (10)$$

Або, підставивши необхідні величини, отримаємо вираз, до якого входять лише геометричні характеристики та зусилля пластичної деформації,

$$P_i = 2 \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) \sigma_s m R^2 \left(\frac{\Delta}{R} + \mu \left(1 - \frac{\Delta}{4R}\right) \sqrt{\frac{2\Delta}{R}}\right) k \quad (11)$$

Проте дійсне значення зусилля дорнування не матиме стабільного характеру. Воно змінюватиметься в залежності від кількості робочих елементів, що братимуть участь в обробці канавок деталі. Короткочасні перевантаження залежать від довжини оброблюваної канавки і відстані між дорнуючими елементами в осьовому напрямку

Значення зусилля дорнування не матиме стабільного характеру. Воно змінюватиметься в залежності від кількості робочих елементів, що братимуть участь в обробці канавок деталі. Короткочасні перевантаження залежать від довжини оброблюваної канавки і відстані між дорнуючими елементами в осьовому напрямку. Характер зміни зусилля дорнування в часі матиме наступний вигляд:

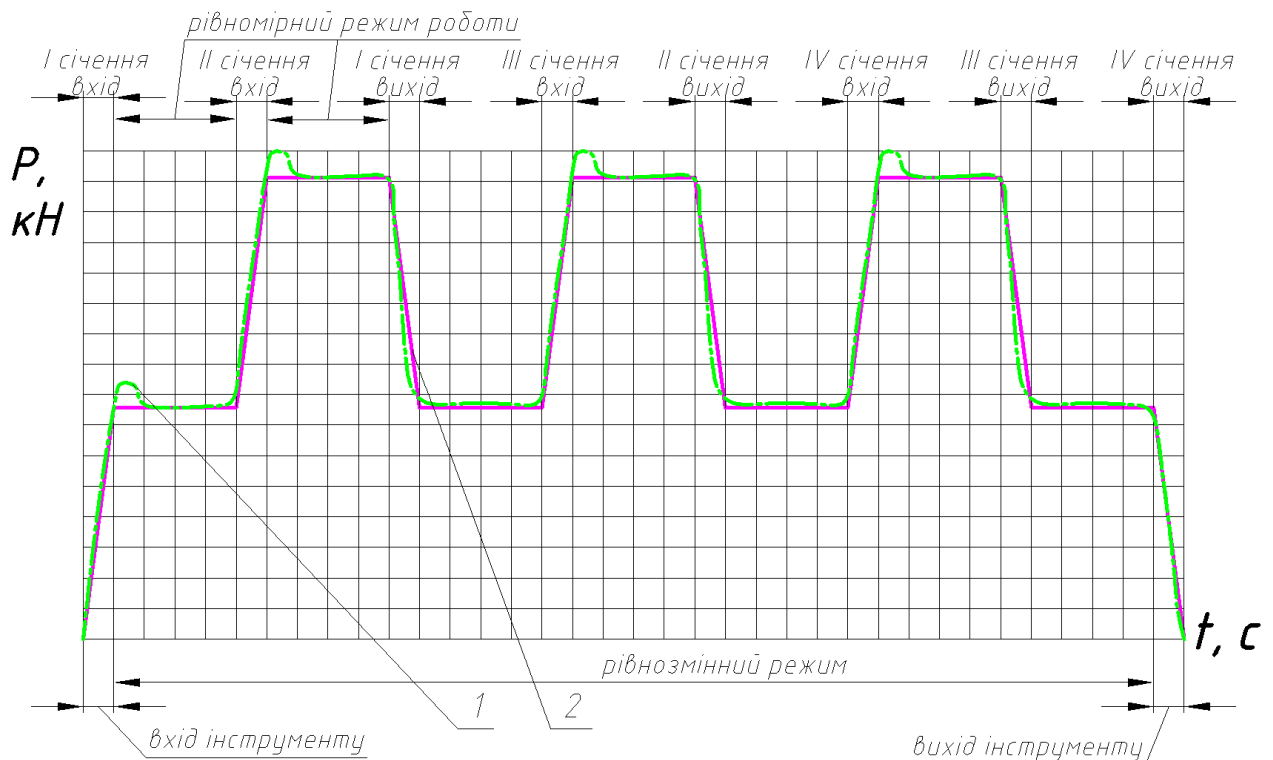


Рисунок 2 – Циклограма руху інструменту з наведенням зон короткочасного перевантаження і стабільної роботи: 1–реальний процес; 2–теоретичний процес

Залежність сили дорнування від конструктивних та технологічних параметрів зображена на рис. 3...6.

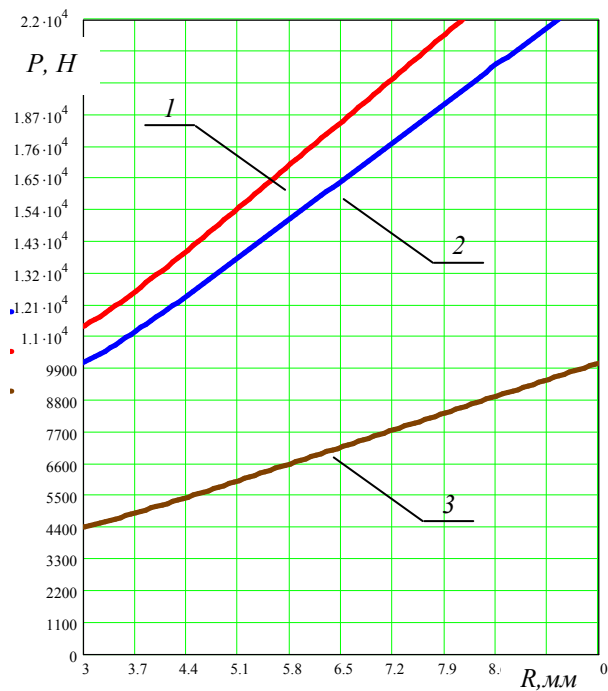


Рисунок 3 – Графік залежності зусилля дорнування на штоці від радіуса кульки при $\mu=0,1$; $\Delta=0,025$ мм; $h=5$ мм; $m=12$.

1 – 18ХГТ; 2 – сталь 40Х; 3 – сталь 40

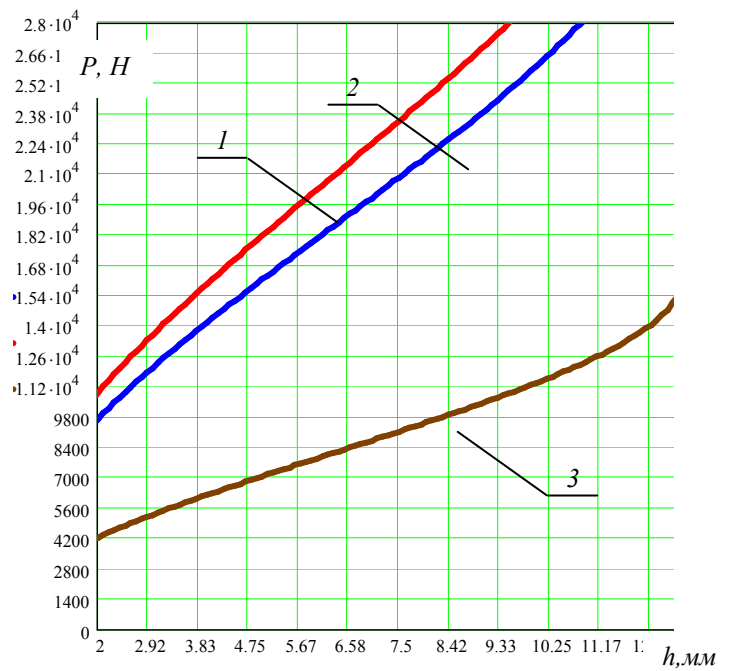


Рисунок 4 – Графік залежності зусилля дорнування на штоці від глибини канавки при $R=6,35$ мм; $\Delta=0,025$ мм; $\mu=0,1$; $m=12$.

1 – 18ХГТ; 2 – сталь 40Х; 3 – сталь 40

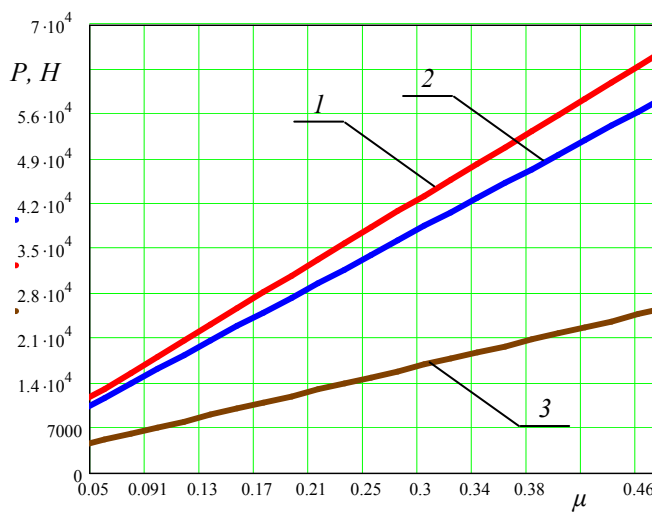


Рисунок 5 – Графік залежності зусилля дорнування на штоці від коефіцієнта тертя при $R=6,35$ мм; $\Delta=0,025$ мм; $h=5$ мм; $m=12$.

1 – 18ХГТ; 2 – сталь 40Х; 3 – сталь 40

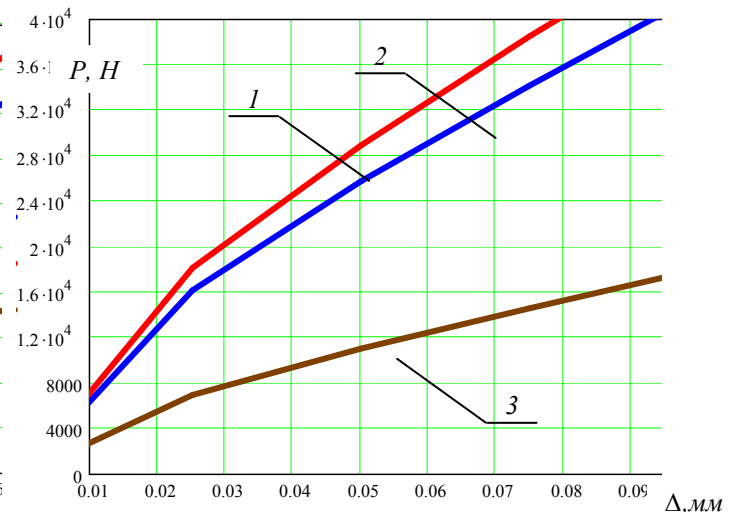


Рисунок 6 – Графік залежності зусилля дорнування на штоці від величини припуску при $R=6,35$ мм; $\mu=0,1$; $h=5$ мм; $m=12$.

1 – 18ХГТ; 2 – сталь 40Х; 3 – сталь 40

Висновки.

1. На основі теоретичних передумов проведено моделювання технологічного процесу дорнування півкруглих шліцевих канавок деталей машин. На сонові виведеної залежності встановлено, що найбільший вплив на зусилля дорнування має коефіцієнт тертя μ величина припуску Δ .
2. Побудовано графіки зусилля дорнування в залежності від конструктивних та технологічних факторів.

Література

1. Анилович В.Я., Грінченко А.С., Литвиненко В.Л. Надежность машин в задачах и примерах. –

- Харьков. ОКО, 2001. –319с.
2. Ю.П. Холмогорцев. Оптимизация процессов обработки отверстий. – М.: Машиностроение, 1984. – 184с.
 3. З.Ю. Шагалова, Н.Г. Сиротинко. Конструювання різального інструменту. – К.: Вища школа, 1970. – 267с.
 4. Т. Корн, Т. Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1978.– 635с.

Одержано 16.07.2007 р.

УДК 631.3: 531.011

М. Підгурський, канд. техн. наук

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ВТОМНИХ ТРІЩИН В ЕЛЕМЕНТАХ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧУВАНИХ РАМНИХ СИСТЕМ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Проведено порівняльний аналіз кінетики розвитку тріщини у статично визначуваних і невизначуваних системах. Здійснено моделювання розвитку тріщин в статично невизначуваних рамних конструкціях. Проведено їх порівняння з експериментальними даними. Результати досліджень уточнюють напружений стан в елементі статично невизначуваної системи з тріщиною.

M. Pidgursky

FEATURES OF DEVELOPMENT OF FATIGUE CRACKS IN ELEMENTS OF THE STATICALLY INDETERMINATE FRAME SYSTEMS OF MOBILE MACHINES

The comparative analysis of kinetics of development of crack is conducted in the systems statically indeterminate and determinate. The design of development of cracks is carried out in the statically indeterminate frame. Their comparison is conducted with experimental data. The results of researches specify the stress behavior in the element of the statically indeterminate system with a crack.

Характерною особливістю рамних конструкцій мобільних машин, у тому числі сільськогосподарських, є, як правило, складна просторова геометрія, і в зв'язку з цим – багаторазова статична невизначеність систем. В процесі експлуатації машин в елементах конструкцій рам в зонах концентраторів напруження рам можуть ініціюватися і розвиватися тріщини, спричиняючи передчасний вихід з ладу конструкцій [1-3].

Відзначимо, що виникнення і розвиток втомних тріщин залежить від багатьох факторів: матеріалу, рівня і характеру розподілу напружень вздовж траєкторії розповсюдження тріщини, рівня залишкових зварних напружень, дефектності, геометричних параметрів конструктивного елемента та ін.[4].

Для опису стадії розповсюдження втомної тріщини заміряють її довжину та кількість циклів навантаження. При постійній амплітуді розмаху прикладених навантажень залежність довжини тріщини l від числа циклів навантажень зазвичай має вигляд, як на рис.1 (крива I) [4].

Дефекти зварювання в елементах конструкції можуть привести до зародження кількох тріщин, які при циклічному навантаженні об'єднуються в одну магістральну тріщину із стрибкоподібним збільшенням довжини тріщини (рис.1, крива II) [5,6].