

УДК 621.922

**THE INFLUENCE OF DIMENSIONAL RELATIONS ON THE ACCURACY OF THE FINAL SIZE WHEN GRINDING THE PART****ВПЛИВ РОЗМІРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ НА ТОЧНІСТЬ КІНЦЕВОГО РОЗМІРУ ПРИ ШЛІФУВАННІ ДЕТАЛІ****Bozhko T.E. / Божко Т.Є.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2956-2384

**Samchuk L.M. / Самчук Л.М.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2516-045X

*Lutsk National Technical University, Lutsk, Lvivska, 75, 43000**Луцький національний технічний університет, Луцьк, Львівська, 75, 43000*

**Анотація.** Розглянуто механізм формування розміру деталі в результаті послідовного зняття металу з її поверхні при взаємодії інструмента та заготовки в процесі шліфування. Досліджено взаємодію деталі з шліфувальним кругом, формування шорсткості оброблюваної поверхні залежно від режимів обробки, характеристик інструмента та ряду фізико-механічних властивостей матеріалів. Отримано рівняння яке характеризує баланс переміщення в технологічній системі, що дозволяє розрахувати значення вертикальної подачі верстата.

**Ключові слова:** розмірні зв'язки, шорсткість, точність обробки.

**Abstract.** The mechanism of the formation of the size of the part as a result of successive removal of metal from its surface during the interaction of the tool and the workpiece during the grinding process is considered. The interaction of the part with the grinding wheel, the formation of the roughness of the processed surface depending on the processing modes, the characteristics of the tool and a number of physical and mechanical properties of the materials were studied. An equation was obtained that characterizes the balance of movement in the technological system, which allows you to calculate the value of the vertical feed of the machine.

**Key words:** dimensional relationships, roughness, processing accuracy.

**Вступ.**

При виконанні технологічного процесу, при механічній обробці, крім кінцевих поверхонь деталі утворюються поверхні заготовки та проміжні поверхні. Кожна новоутворена поверхня геометрично зв'язана з певними поверхнями деталі, що є базовими, розмірними зв'язками.

Основним завданням, що ставиться перед розмірним аналізом технологічного процесу є правильне і обгрунтоване визначення проміжних та кінцевих розмірів та їх допусків при механічній обробці деталі. При цьому встановлюються та аналізуються зв'язки між операціями та переходами у вигляді розмірних ланцюгів.

Отримані при розрахунку технологічні розміри повинні забезпечити досягнення заданої кресленням точності виготовлення деталі. Звичайно, існує декілька варіантів маршруту обробки заготовки, а отже, пов'язаних з ними варіантів розмірної структури технологічного процесу. На практиці вибір технологом найкращого варіанту з ряду альтернативних значно ускладнюється впливом точності розмірів попередніх операцій на точність технологічних розмірів наступних операцій. Для реальної деталі, як відомо, досить рідко

вдається виконати всі конструкторські розміри так, як вони проставлені на кресленні, тобто безпосередньо від вимірювальної бази. Набагато частіше конструкторський розмір отримується через ряд взаємозв'язаних проміжних технологічних розмірів, що витримуються від інших баз. При цьому дійсна точність конструкторських розмірів буде залежати від точності декількох взаємозв'язаних технологічних розмірів. Саме така ситуація виникає, коли не дотримуються відомого в технології машинобудування принципу „єдності баз”.

Розмірний аналіз технологічних процесів передбачає встановлення взаємозв'язків усіх точносних параметрів деталей від початкової заготовки до фінішних операцій шляхом побудови розмірних схем виявлення операційних розмірних ланцюгів і застосування методів їх розв'язання.

Комплексний підхід до проектування операцій отримання заготовок, механічної та термічної обробки, нанесення покриттів, при розрахунку припусків і точносних параметрів дозволяє скоротити терміни проектування і впровадження технологічних процесів. Це дозволить зменшити витрати металу, понизити сумарну трудомісткість продукції та підвищити її якість, у кінцевому результаті отримати вигоду в економічних показниках.

Змодельовати на етапі проектування взаємозалежність технологічних розмірів, а потім врахувати вплив точності їх розмірів на точність конструкторських розмірів, можна шляхом складання і розв'язку специфічних технологічних розмірних ланцюгів.

Усі розрахунки, пов'язані з розмірним аналізом, підпорядковуються єдиній цілі – більш точне прогнозування похибок обробки в проектних варіантах і аналіз причин розмірного браку у вже діючих технологічних процесах.

У роботах [1], [3] представлено формування розміру деталі в результаті послідовного зняття металу з її поверхні при взаємодії інструмента та заготовки в процесі обробки компактних матеріалів.

Закономірності зняття матеріалу при абразивній обробці пористих матеріалів на теперішній час досліджено не в повному обсязі.

Метою роботи є дослідження розмірних зв'язків у процесі шліфування пористих матеріалів.

**Основний текст.** Для плоского шліфування розмір деталі визначається [2]:

$$h_n = h_{n-1} - \Delta r_n, \quad (1)$$

де  $h_n, h_{n-1}$  – розмір заготовки відповідно на розглядуваному та попередніх переходах;

$\Delta r_n$  – шар знятого матеріалу заготовки на розглядуваному переході.

Шар знятого матеріалу пов'язаний з фактичною глибиною різання залежністю (рисунок 1):

$$\Delta r_n = t_{\phi n} - H_n, \quad (2)$$

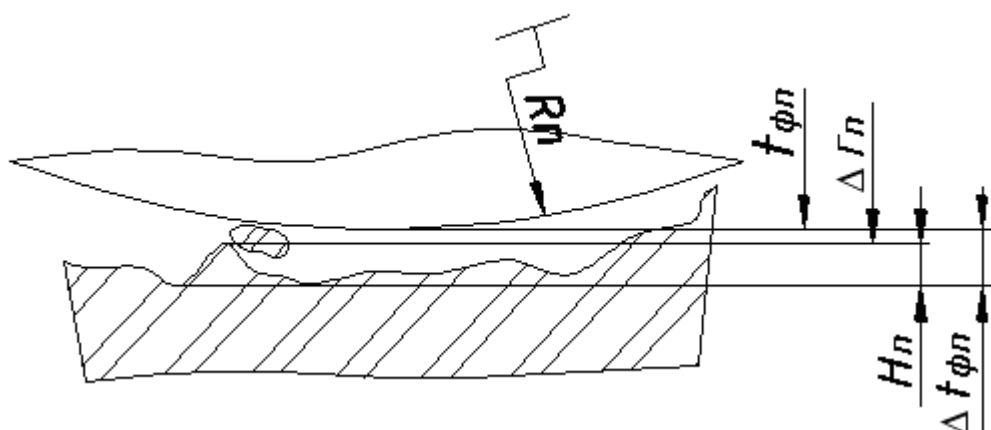
де  $t_{\phi n}$  – фактична глибина різання;

$H_n$  – висота шару, в якому розподілена шорсткість.



**Рисунок 1 - Схема взаємодії інструмента і заготовки при обробці деталей на основі металів і їх сплавів**

Представлена залежність (2) застосовується для розрахунку знятого шару металу в компактних матеріалах, коли шар металу менше, ніж глибина різання. У випадку обробки пористих матеріалів в процесі шліфування шар знятого матеріалу може перевищувати фактичну глибину різання (рисунок 2).



**Рисунок 2 - Схема взаємодії інструмента і заготовки при шліфуванні пористого заліза**

Тому, згідно схеми рисунок 2, залежність буде мати вигляд:

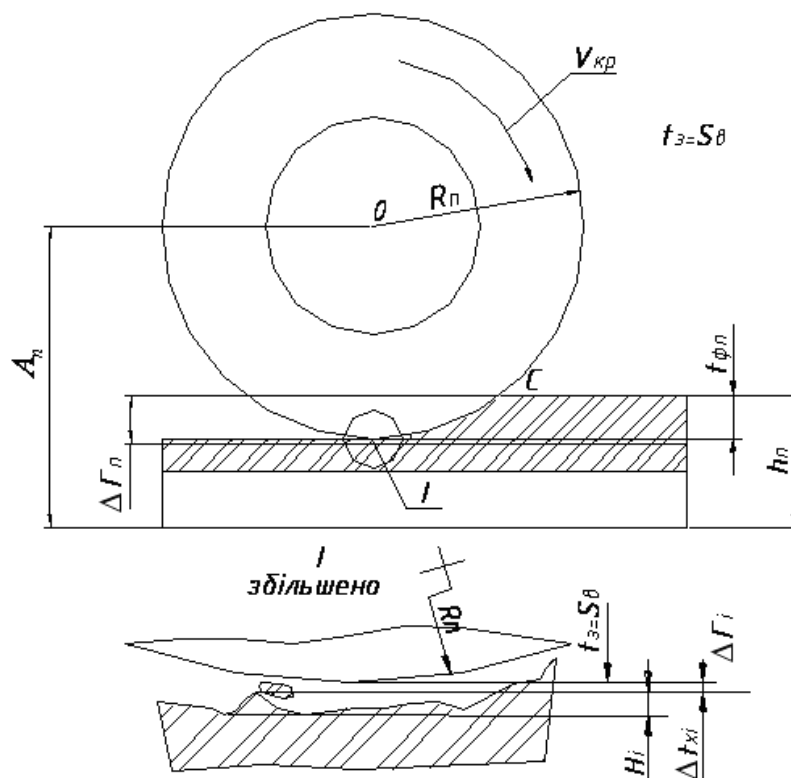
$$\Delta r_n = t_{\phi n} + \Delta t_{\phi n} - H_n, \quad (3)$$

де  $\Delta t_{\phi n}$  – величина приросту глибини різання.

Розмір деталі з пористого матеріалу формується з врахуванням розміру заготовки на попередньому проході і шару знятого матеріалу, який може перевищувати фактичну глибину різання на величину її приросту  $\Delta t_{\phi n}$ . В результаті розмір деталі  $h_n$  може виявитись меншим за потрібний. При цьому шар шорсткості  $H = R_{\max}$  буде формуватись в залежності від фактичної глибини різання  $t_{\phi}$  і величини приросту глибини різання  $\Delta t_{\phi n}$ .

Фактична глибина різання  $t_{\phi n}$  розраховується за рівнянням балансу переміщень в технологічній системі, тобто на основі порівняння дійсних розмірів круга, заготовки, відстані від стола до центру круга (плоске

шліфування) [3]. Для плоского шліфування фактичну глибину різання визначаємо згідно рисунок 3.



**Рисунок 3 - Схема балансу переміщень в технологічній системі плоского шліфування**

Фактична глибина різання представлено залежністю 4.

$$t_{\phi} = R_n + h_n - A_n, \quad (4)$$

де  $R_n$  – радіус шліфувального круга;  $h_n$  – розмір заготовки;  $A_n$  – відстань від осі обертання інструмента до базової поверхні деталі.

Поточна відстань від осі обертання інструмента до базової поверхні деталі  $A_n$  (рисунок 3), змінюється в результаті подачі круга на заготовку ( $t_{3i} = S_{Bi}$ ), а також від сумарної похибки обробки в технологічній системі  $\sum \Delta_A$ :

$$A_n = A_0 - \sum_{i=1}^n S_{Bi} + \sum \Delta_A, \quad (5)$$

де  $A_0$  – вихідна відстань від осі обертання інструмента до базової поверхні деталі перед першим проходом (рисунок 3),  $i$  – номер прохода,  $n$  – кількість проходів,  $S_{Bi}$  – вертикальна подача круга на  $i$ -тому проході,  $\sum \Delta_A$  – сумарна похибка обробки (визначається пружними і тепловими деформаціями) в технологічній системі.

Поточний радіус шліфування круга  $R_n$  змінюється в результаті зносу круга:

$$R_n = R_0 - \sum_{i=1}^n \Delta R_i, \tag{6}$$

де  $R_0$  – радіус шліфувального круга після правки,  $\Delta R_i$  – величина зносу шліфувального круга на  $i$ -тому проході.

Поточна товщина заготовки  $h_n$  змінюється в результаті зйому металу ( $\Delta r_i$ ), який в початковий момент обробки рівний нулю:

$$h_n = h_0 - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta r_i, \tag{7}$$

де  $h_0$  – товщини заготовки до шліфування.

Для визначення шару знімаемого пористого матеріалу на  $n$ -ому виходжувальному проході, розглянемо схему взаємодії інструмента і заготовки (рисунок 4).

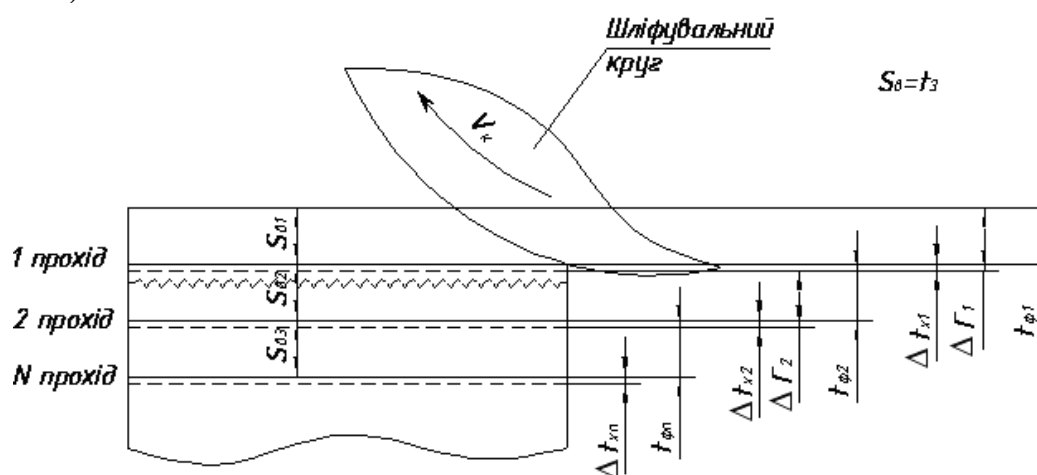


Рисунок 4 - Зняття матеріалу при обробці пористих поверхонь

Шар знятого матеріалу  $\Delta r_i$  визначається за формулою:

$$\Delta r_n = t_{3n} - \Delta t_{xn-1} + \Delta t_{xn}, \tag{8}$$

де  $t_{3n}$  – припуск на прохід,  $\Delta t_{xn-1}, \Delta t_{xn}$  – зміна припуску внаслідок дії пружних деформацій в технологічній системі відповідно за попередній і розглядуваний проходи (рисунок 4).

Сумарний шар знятого матеріалу рівний:

$$\sum_{i=1}^n \Delta r_i = \sum_{i=1}^n t_{3i} + \Delta t_{xn} \tag{9}$$

Необхідно зауважити, що початковий момент обробки при  $t_\phi = 0$ , рівняння балансу переміщень (4) виглядає наступним чином:

$$A_0 = R_0 + h_0. \tag{10}$$

Підставивши в рівняння (4) вирази (6–10) отримаємо:

$$t_{\phi i} = R_0 - \sum_{i=1}^n \Delta R_i - A_0 + \sum_{i=1}^n S_{Bi} - \sum \Delta A + h_0 - \sum_{i=1}^{n-1} t_{3i} + \Delta t_{xn-1}. \tag{11}$$

Після скорочення текучого та попереднього значень фактичних глибин різання отримуємо рівняння яке характеризує баланс переміщення в технологічній системі, що дозволяє розрахувати значення вертикальної подачі верстата (2.12):

$$S_{Bi} = \Delta t_{\phi i} + \Delta R_i + \Delta r_{i-1} - \Delta A_i, \quad (12)$$

де  $\Delta t_{\phi i} = \Delta t_{\phi ni} + \Delta t_{\phi ski}$  – приріст фактичної глибини різання на  $i$ -му проході,

$\Delta t_{\phi ni}, \Delta t_{\phi ski}$  – номінальні значення фактичної глибини різання і її приріст за рахунок мікросколів під зерном відповідно,  $\sum \Delta R_i$  – знос круга на  $i$ -му проході,  $\Delta r_{i-1}$  – значення зняття матеріалу на  $i-1$  проході,  $\sum \Delta A_i$  – приріст пружних деформацій.

Розмір готової деталі формується в результаті зняття матеріалу  $\Delta r$ . При взаємодії деталі з шліфувальним кругом, формування шорсткості оброблюваної поверхні залежить від режимів обробки, характеристик інструмента та ряду фізико-механічних властивостей, що є особливістю абразивної обробки пористих спечених матеріалів. В результаті зняття пористого матеріалу  $\Delta r$  може перевищувати значення вертикальної подачі на деяку величину приросту  $\Delta t_x$ , величина якої визначається шаром шорсткості оброблюваної поверхні  $H$  та пористістю деталі.

### Висновки.

Розмірно-точносний аналіз технологічного процесу має на меті визначення розмірних показників якості досліджуваного технологічного процесу.

Таким чином, для визначення розмірів готової деталі  $\Delta r$ , необхідно розрахувати шорсткість поверхні деталі при взаємодії інструмента з заготовкою та з врахуванням пористості деталі, в результаті якого зняття матеріалу може перевищувати значення вертикальної подачі на деяку величину приросту  $\Delta t_x$ .

### Література:

1. Рудь В.Д. Розмірно-точносний аналіз конструкцій та технологій: навчальний посібник / В.Д. Рудь, О.О. Герасимчук, Т.П. Маркова – Луцьк: Луцький НТУ – 2008. – 344с.
2. Новоселов Ю. К. Механика шлифования / Ю.К. Новоселов; под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова // Теоретико-вероятностные модели. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения. В 10 т. Т. 4. Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов. – Одесса: Изд-во ОНПУ, 2002. – С. 148 – 209.
3. Кравченко Л. С. Размерный анализ при проектировании, изготовлении и сборке: Учебн. пособие [для студ. машиностроит. специальн.]. - Харьков : НТУ «ХПИ», 2009. - 356 с.

Стаття відправлена: 5.02.2022 г.

© Божко Т.Є., Самчук Л.М.