

УДК 621.922

Божко Т.Є., к.т.н., Гальчук Т.Н., к.т.н.

Луцький національний технічний університет

## ВПЛИВ УМОВ РІЗАННЯ НА ЗАЛИШКОВІ НАПРУЖЕННЯ 1 РОДУ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ ПОРИСТОГО МАТЕРІАЛУ

*Залишкові напруження є важливим фактором впливу на якість поверхні, втомну міцність і зносостійкість деталей. Напруження першого роду, які виникають в результаті механічної обробки, мають найбільший вплив на якість поверхонь, технологічні і експлуатаційні властивості деталі. Механічна обробка пористого матеріалу відрізняється від обробки компактного, внаслідок неоднорідної, пористої структури металу. В даній роботі розглянуто вплив умов різання на залишкові напруження 1 роду при токарній обробці пористого матеріалу. Досліджено, що глибина проникнення напружень 1 роду для матеріалів з різною пористістю зменшується в міру зростання швидкості різання, що пов'язано зі скороченням зони деформації, що веде до зменшення глибини проникнення залишкових макронапружень. При збільшенні подачі зусилля і температура різання зростають, що викликає зростання залишкових макронапруження, що розтягують.*

**Ключові слова:** токарна обробка, макронапруження, пористий матеріал.

**Постановка проблеми.** Надійність експлуатації деталей машин визначається станом поверхневого шару і залежить від характеру їх контактування одна з одною. Аналіз причин і характер руйнування деталей машин свідчить, що здебільшого руйнування починається в поверхневому шарі, а опір руйнуванню визначається сукупністю характеристик якості поверхневого шару деталей машин: мікрогеометрією, зміцненням та залишковими напруженнями.

Залишкові напруження є важливим фактором впливу на якість поверхні, втомну міцність і зносостійкість деталей. Напруження першого роду, які виникають в результаті механічної обробки, мають найбільший вплив на якість поверхонь, технологічні і експлуатаційні властивості. Виникнення залишкових напружень першого роду зумовлено неоднорідною пластичною деформацією металу при його механічному обробленні і нерівномірним нагрівом поверхневих шарів. Механічна обробка пористого матеріалу відрізняється від обробки компактного, внаслідок неоднорідної, пористої структури металу.

Тому, дослідження впливу умов різання на залишкові макронапруження при механічній обробці пористого матеріалу є актуальною задачею.

**Формулювання цілей статті.** Метою дослідження є вплив умов різання на залишкові напруження 1 роду при токарній обробці пористого матеріалу.

**Методика дослідження.** Експерименти проводились на зразках із порошків заліза марки ПЖР-3. Для дослідів використовувались зразки пористістю 10%, 20% та 30%, які виготовлялись методом гідростатичного формування та спікалися при температурі 1050 С° в захисному середовищі. залишкові напруження I-го роду визначають за методикою [1]. Вимірювання деформації вироблялося на універсальному вимірювальному мікроскопі ДИП-1 з точністю відліку 0,0005 мм. Товщина стінки вимірювалася мікрометром з індикатором зі сферичною вимірювальною поверхнею з точністю 0,005 мм.

Пошарове видалення металу проводилося за допомогою електротравлення в електроліті наступного складу: 350 см<sup>3</sup> Н<sub>3</sub>Р<sub>0</sub><sub>4</sub>, 150 см<sup>3</sup> Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> і 60 г хромового ангідриду. Видалення металу проводилося при напрузі 12В і силі струму близько 6А.

З втулок (Ø52× Ø25×25 мм) виточувалися кільцеві зразки розмірами Ø42×Ø32×10мм, потім вони відпалювалися при температурі 700 °С протягом 2 год в атмосфері водню з метою зняття внутрішніх напружень.

Як різальний інструмент для токарної обробки, використовували різці, які оснащені твердосплавною різальною частиною: різець прохідний з пластиною з твердого сплаву Т15К6 з параметрами різальної частини: головний кут в плані  $\phi = 45^\circ$ ; головний задній кут  $\alpha = 8^\circ$ ; передній кут  $\gamma = 15^\circ$ ; допоміжний кут в плані  $\phi_1 = 10^\circ$ ; кут нахилу різальної кромки  $\lambda = 0^\circ$ . Геометрія різця у всіх серіях дослідів була однаковою, за винятком дослідження впливу переднього кута різця на розподіл напружень 1 роду, коли передній кут різця змінювався по ряду +15; 0; -15 °.

**Основні результати дослідження.** Результати дослідів з дослідження впливу швидкості різання на макронапруження для матеріалів з пористістю 10, 20 і 30% показані на рис. 1.

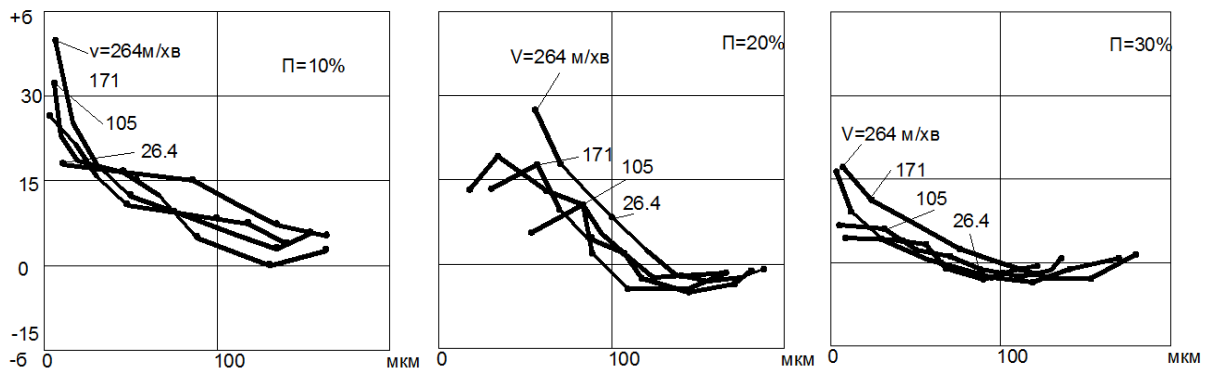


Рис. 1. Вплив швидкості на зміну залишкових напружень I роду по глибині при обробці залізних зразків з різною пористістю

З рисунку 1 видно, що обробка пористих матеріалів різанням при даних режимах супроводжується появою в поверхневих шарах матеріалу досить високих розтягуючих залишкових напружень I роду (до 45 МПа). Далі видно, що напруження I роду плавно знижуються, переходячи з розтягуючих в стискаючі на деякій глибині залягання. Величина залишкових напружень і глибина їх проникнення залежать від швидкості різання і пористості досліджуваного матеріалу.

Зі збільшенням швидкості різання (рис. 2) величина залишкових напружень, які вимірювались на глибині 20 мкм, інтенсивно зростають для всіх зразків. Чим вище пористість, тим нижче величина залишкових напружень I роду. Так, якщо для зразків з пористістю 10% при швидкості різання 26,4 м/хв величина залишкових напружень становить 17,5 МПа, для зразків з пористістю 30% при тій же швидкості - 25 МПа, то при швидкості 264 м/хв величина напружень відповідно досягає 32,0 і 12,5 МПа.

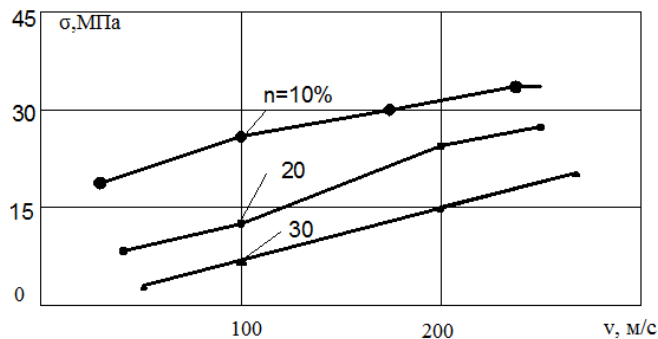


Рис.2. Вплив швидкості різання на величину залишкових напружень в поверхневому шарі (на глибині 20 мкм) в матеріалі із різною пористістю

Глибина проникнення залишкових напружень I роду змінюється зі зміною швидкості різання (рис. 3). Глибина залягання макронапружень зменшується в 2 рази при збільшенні швидкості різання від 26,4 до 264 м/хв для всіх трьох досліджених матеріалів.

Відмічено, що глибина проникнення залишкових напружень по перерізу зразків з різною пористістю, обточених при одній швидкості, дуже близькі один до одного. З цього випливає, що пористість майже не впливає на глибину проникнення макронапружень.

В процесі обробки пористих матеріалів зі змінною подачею так само, як і зі змінною швидкістю, в поверхневих шарах матеріалу проводяться досить високі розтягуючі залишкові напруження.

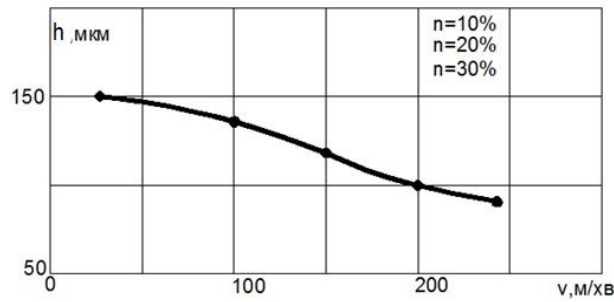


Рис.3. Залежність глибини проникнення залишкових напружень від швидкості різання

На рис. 4 показані криві зміни величини залишкових напружень I роду по глибині для залізних зразків з різною пористістю (10, 20 і 30%), звідки видно, що в поверхневому шарі зразків, як і при зміні швидкості різання, виникають напруження розтягу I роду, що переходять потім в напруження стиску.

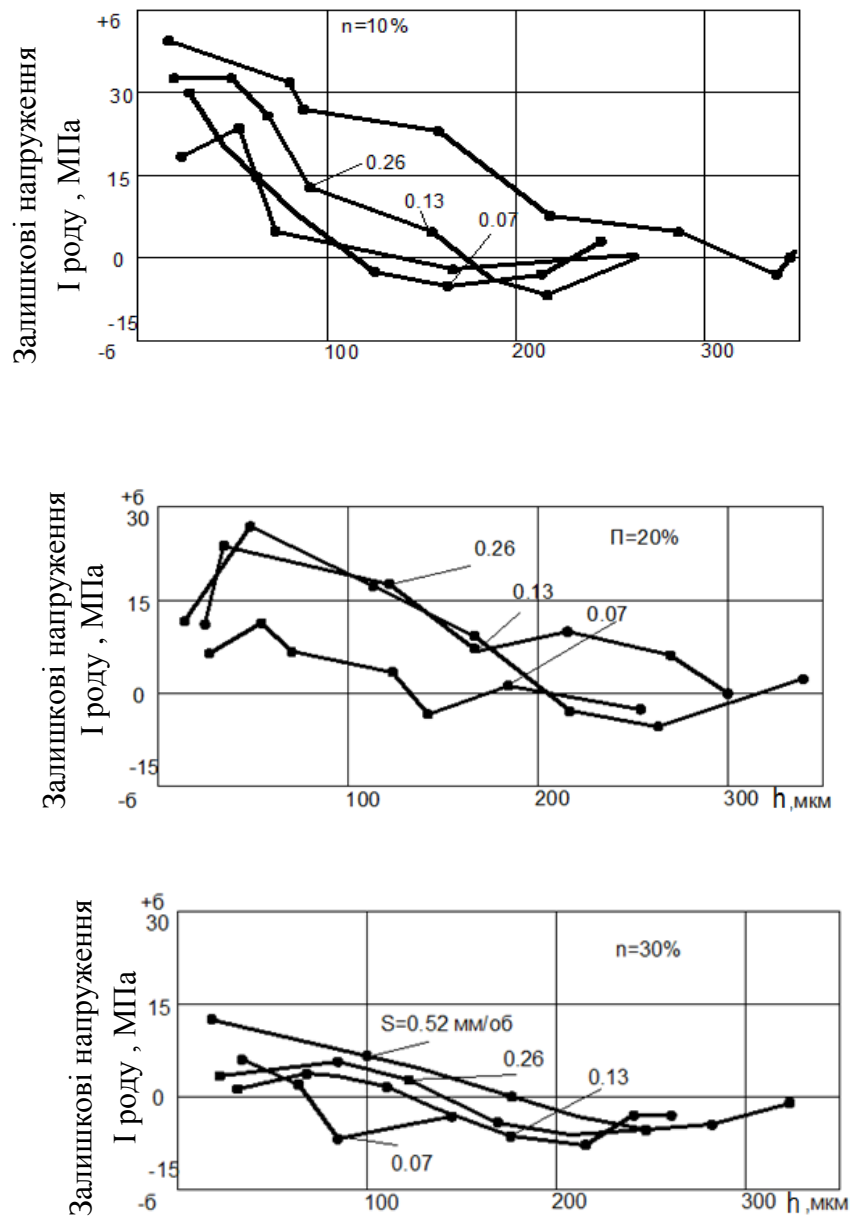


Рис.4. Вплив подачі на зміні залишкових напружень I роду по глибині в залізних зразків із різною пористістю

Відзначено, що на поверхні макронапруження можуть бути нижче, ніж в більш глибоких шарах. Пояснюється це тим що, більш істотний вплив подачі в порівнянні зі швидкістю різання на чистоту обробленої поверхні.

Зі збільшенням подачі величина залишкових напружень I роду, визначених на глибині 20 мкм, монотонно зростає для всіх, причому (рис. 5), чим вище пористість, тим менше величина макронапружень, що виникають в зразках при даній подачі. Так, величина залишкових напружень I роду для зразків з пористістю 10% становить при  $S = 0,07$  мм/об - 27 МПа, при  $S = 0,52$  мм/об - 36,0 МПа, а для зразків з пористістю 30% при першій подачі - 4 МПа, при другій - 12,5 МПа.

Значення залишкових напружень I роду для зразків з пористістю 20% займають проміжне положення між значеннями макронапружень, що виникають в поверхневому шарі матеріалу з пористістю 10 і 30%.

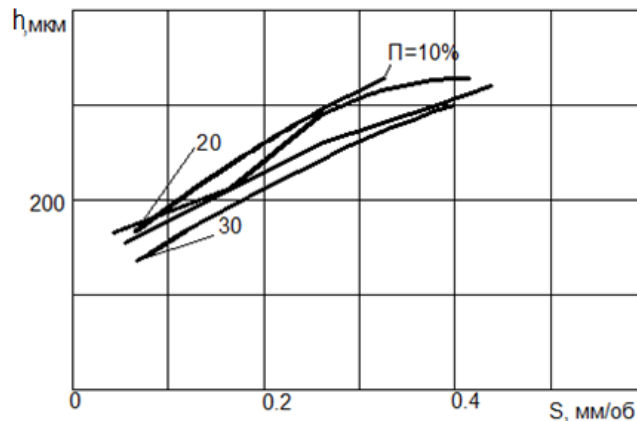


Рис.5. Вплив подачі на глибину проникнення напружень при обробці залізних зразків із різною пористістю

При зміні подачі змінюється і глибина проникнення внутрішніх напружень I роду, як це видно з рис. 5.

При збільшенні подачі від 0,07 до 0,52 мм/об глибина проникнення залишкових напружень I роду для низької пористості (10%) зростає від 125 до 350 мкм. а для високої (30%) - від 200 до 350 мкм. Глибина залягання напруження, що розтягують I роду збільшується зі зростанням подачі.

Досліди показують, що зміна попереднього кута різця при інших рівних умовах виникають незначні зміни напруження I роду (рис. 6).

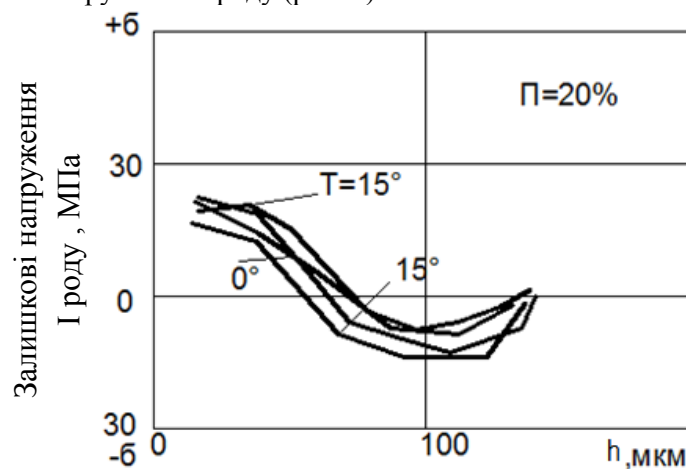


Рис.6. Вплив переднього кута різця на зміни залишкових напружень I роду по глибині

Незначно впливає величина переднього кута і на глибину проникнення залишкових напружень, яка становить для зазначеної пористості 150 - 180 мкм. Для порівняння (при одних і тих же умовах різання) були визначені залишкові напруження по глибині в зразках із сталі 30.

Результати цих дослідів показані на рис. 7, з якого видно, що в поверхневому шарі як пористих залізних зразків, так і в зразках зі сталі 30 виникають напруження розтягу I роду, що переходять на деякій глибині в напруження стиску.

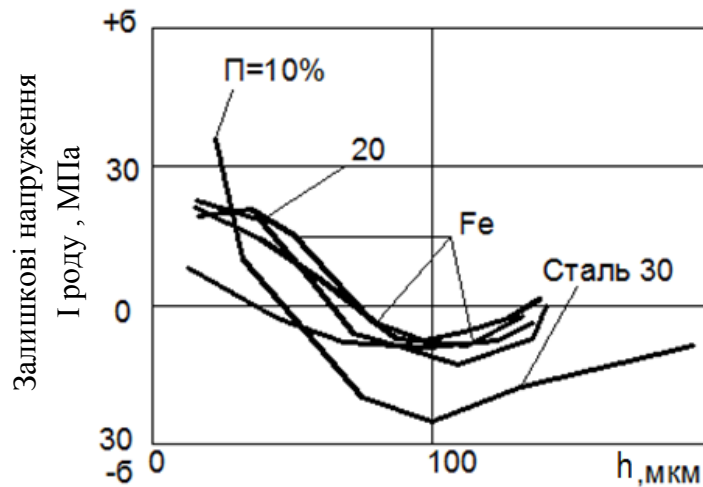


Рис.7. Порівняння напруження по глибині в пористому і компактному матеріалах

Величина напружень, що розтягують на глибині 20 мкм в сталевому зразку нижче напруження, яке виникає в залізному зразку з пористістю 10%, але вище напружень для зразків з пористістю 20 і 30%.

Глибина переходу розтягуючих напружень, що стискають, для залізних пористих зразків становить приблизно 80-90 мкм, а для сталевих - 50 мкм. Слід зазначити, що глибина проникнення залишкових напружень I роду в сталевому зразку вище майже в 2 рази глибини залягання макронапружень в пористих залізних зразках. Величина стискаючих напружень I роду в зразку зі сталі 30 досягає 25,0 МПа, що у багато разів перевищують стискаючі напруження в пористих зразках.

Як показали наші експерименти, в поверхневому шарі пористих залізних зразків, які обточували при різних режимах різання, з'являються також розтягуючі напруження I роду. Це дає підставу припускати однакову природу виникнення залишкових напружень.

Відомо [2], що знак залишкових напружень визначається переважним впливом на процес виникнення напружень теплового або механічного фактору. Наявність напружень, що розтягують в поверхневих шарах пористого матеріалу можна пояснити домінуючим впливом теплового фактора.

Зі збільшенням швидкості різання [3] відбувається зростання кількості тепла в зоні різання і зменшення зусилля різання. Перше сприяє підвищенню величини залишкових напружень, що розтягують, друге - зменшення стискаючих напружень. У підсумку обидва чинники зміщують залишкові напруження розтягу в сторону більших величин.

**Висновки.** Глибина проникнення напружень I роду для матеріалів з різною пористістю зменшується в міру зростання швидкості, що пов'язано зі скороченням зони деформації, що веде до зменшення глибини проникнення залишкових макронапружень. При збільшенні подачі зусилля і температура різання зростають, що впливає на зростання залишкових макронапружень, що розтягують. Даний процес відбувається більш інтенсивно, ніж збільшення зусилля різання. Інтенсивність теплоутворення в зоні різання також пов'язана і з низькою теплопровідністю пористих матеріалів.

#### Інформаційні джерела

1. Давиденков Н.Н. Механические свойства материалов и методы измерения деформаций: Избранные труды: в 2-х т. Т. 2. / Н.Н Давиденков. Киев: Наукова думка, 1981.- 656 с.
2. Розенберг, А.М. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания / А.М. Розенберг, Ю.А. Розенберг. – Киев: Наук. Думка, 1990. – 158 с.

3. Резников, А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов / А.Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.

**Божко Т.Е., Гальчук Т.Н.**

Луцкий национальный технический университет

### **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ НА ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ 1 РОДА ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА**

Остаточные напряжения является важным фактором влияния на качество поверхности, усталостную прочность и износостойкость деталей. Напряжения первого рода, возникающие в результате механической обработки, имеют наибольшее влияние на качество поверхностей, технологические и эксплуатационные свойства детали. Механическая обработка пористого материала отличается от обработки компактного, вследствие неоднородной, пористой структуры металла. В данной работе рассмотрено влияние условий резания на остаточные напряжения 1 рода при токарной обработке пористого материала. Доказано, что глубина проникновения напряжений I рода для материалов с различной пористостью уменьшается по мере роста скорости резания, что связано с сокращением зоны деформации, что ведет к уменьшению глубины проникновения остаточных макронапряжений. При увеличении подачи усилия и температура резания растут, что вызывает рост остаточных растягивающих макронапряжений.

**Ключевые слова:** токарная обработка, макронапряжения, пористый материал.

**T. Bozhko, T. Halchuk**

Lutsk National Technical University

### **INFLUENCE OF CUTTING CONDITIONS ON THE RESIDUAL TENSIONS OF 1 TYPE WHEN TURNING PROCESSING THE POROUS MATERIAL**

Residual tensions are the important factor of influence on surface quality, tireless durability and wear resistance of details. The first type of tensions that occurs as a result of mechanical processing have most influence on surfaces quality, technological and operational properties of the details. Mechanical processing of the porous material differs from the processing of the compact, as a result of heterogeneous, porous structure of metal. In this paper consider the influence of cutting conditions on the residual tensions of 1 type when turning processing the porous material. Investigation, that the depth of penetration of tensions of I type for materials with different porous decreases with increase of cutting speed, that it is related to reduction of the deformation zone, that conduces the depths of penetration of remaining macro tensions to reduction. At the increase of serve of effort and cutting temperature grow, that causes the increase of residual stretching macro tensions.

**Keywords:** turning processing, macro tensions, porous material.

Стаття надійшла до редакції 24.03.2018.