

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ НАРОСТОУТВОРЕННЯ ТА ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА ЗА ДОПОМОГОЮ РЕОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

В даній статті розглянуто вплив зношення ріжучого інструмента (при змінні радіуса заокруглення ріжучої кромки) на силу різання і температуру в зоні стружкоутворення при різних швидкостях різання, а також вплив висоти наросту на температуру та силу різання також при різних швидкостях різання. Данні отримані на базі методу кінцевих елементів за допомогою програмного продукту DEFORM 2D.

**Ключові слова:** наростутворення, знос ріжучого інструмента, метод кінцевих елементів, температура, сила різання.

**Вступ.** Одним і найбільш важливим показником експлуатації різального інструменту є його працездатність, визначальна стан, при якому ріжучий інструмент виконує свою роботу, маючи знос робочих поверхонь, менший критичного значення. Забезпечити максимізацію працездатності, значить підвищити зростання продуктивності праці, заощадити дорогий матеріал, енергію і трудоу ресурси. Працездатність різального інструмента може бути підвищена завдяки такій зміні поверхневих властивостей інструментального матеріалу, при якому контактна поверхня інструмента буде найбільш ефективно чинити опір абразивного, адгезійними, корозійно-окислювальному та інших видів зносу як при кімнатній, так і при підвищеній температурі. Так само інструментальний матеріал повинен володіти достатнім запасом міцності при стисненні, вигині, додатку ударних навантажень

Ріжучий інструмент в процесі різання впливає на оброблений матеріал і викликає утворення стружки і формування нової поверхні, однак сам при цьому піддається впливу з боку оброблюваного матеріалу і інтенсивно зношується. Ріжучі інструменти працюють в надзвичайно важких умовах дії величезних тисків на поверхнях контакту і високої температури.

Механізм зносу інструменту при різанні металів складний і включає в себе абразивний, адгезійний і дифузійний знос. Питомий вплив кожного з них залежить від властивостей матеріалу, інструменту, деталі і умов обробки (насамперед швидкості різання).

При обробці різанням заготовок із пластичних металів на передній поверхні інструмента може утворюватися шар металу, який називають наростом.

Більшість дослідників (Я.Г. Усачов, О.М. Розенберг, М.М. Зорев, М.Ф. Полетика та ін.) відзначають подвійну – позитивну і негативну роль наросту у процесі різання. З одного боку, нарост захищає найбільш уразливу частину інструменту – різальну кромку і прилеглі до неї ділянки передньої та задньої поверхонь від зношування, теплових перевантажень і надмірних контактних напружень. Крім того, збільшуючи передній

кут, тобто, зменшуючи кут різального клину, нарост поліпшує напружено-деформований стан процесу. Проте, тут слід зауважити, що одночасне значне збільшення радіуса округлення кромки наросту спричиняє зворотній процес. З іншого боку, нульові значення заднього кута і періодичні зриви частинок тіла наросту та їх відхід через задню поверхню різко погіршують характеристики якості обробленої поверхні: шорсткість, точність та фізико-механічні властивості [3].

Нарост істотно впливає на процес різання і якість обробленої поверхні заготовки, тому що при його наявності змінюються умови стружкоутворення. Нарост може позитивно впливати на процес різання. Він змінює форму передньої поверхні інструмента, що призводить до збільшення переднього кута, а отже, до зменшення сили різання. Внаслідок високої твердості нарост здатний різати метал. Він віддаляє центр тиску стружки від різальної кромки, внаслідок чого зменшується зношування різального інструмента по передній поверхні.

### **Аналіз останніх досліджень та літератури.**

З огляду технічної літератури, можна зробити висновок, що дослідженням процесу наростутворення та, ще у більшій мірі, зношенню ріжучого інструмента, приділяється велика увага. На сьогодні, дані дослідження, раціонально проводити за допомогою методу кінцевих елементів.

**Метою** даної статті є дослідження впливу зношування інструмента та наростутворення на температурні та силові характеристики процесу різання на базі методу кінцевих елементів.

### **Виклад основного матеріалу.**

На практиці найчастіше спостерігається одночасне знос інструмента по задній і передній поверхні [1]. Очевидно, що при цьому відбувається заокруглення ріжучого леза інструмента. Для даного виду зношення проведено ряд моделювань в програмі Deform 2D з метою дослідження впливу радіуса заокруглення ріжучої кромки на температуру та силу різання в зоні стружкоутворення.

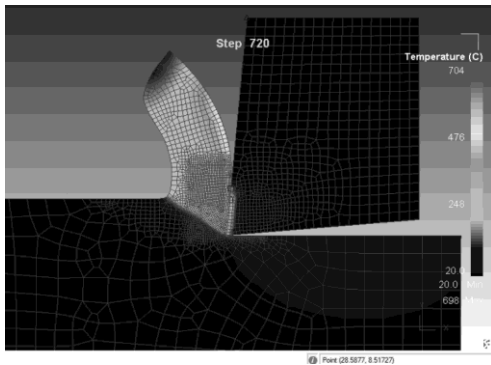


Рис. 1 - Модель оброблення заготовки без радіуса заокруглення

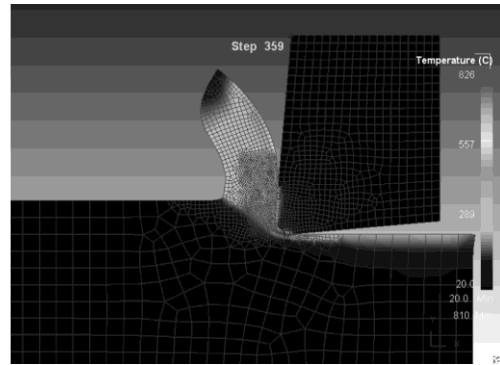


Рис. 2 - Модель оброблення заготовки з радіусом заокруглення



Рис. 3 - Графік залежності температури, в зоні стружкоутворення, від радіуса заокруглення ріжучої кромки при режимах-подача  $S=0,25\text{ мм}$ ; швидкість різання  $V=120\text{ мм/хв}$ , при обробленні сталі 40 (визначений на основі аналізу імітаційних реологічних моделей в системі Deform 2D)

Аналізуючи графік, наведений на рис. 3, можна зробити висновок про те, що при одночасному зношуванні інструмента по задній та передній поверхні, радіус заокруглення ріжучої кромки має суттєвий вплив на величину температури в зоні різання, а саме: при обробленні сталі 40 температура збільшується на 10-15%

Зношування різального інструмента призводить не тільки до зниження точності розмірів і геометричної форми оброблених поверхонь. Робота інструментом зі значним радіусом заокруглення викликає зростання сили різання [3]. Відповідно, збільшуються складові сили різання, які викликають підвищену деформацію заготовки та інструмента, що зменшує точність і змінює форму оброблених поверхонь заготовок. На рис. 4 наведені графік залежності сил різання від величини зношування ріжучого інструмента.

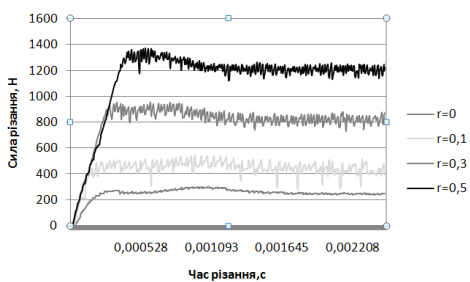


Рис. 4 - Графік залежності сил різання від радіуса заокруглення ріжучої кромки при обробленні сталі 40.

Аналізуючи графік, наведений на рис. 4, можна зробити висновок про те, що радіус заокруглення, який виникає при зношуванні різця, суттєво впливає на силу різання, а саме: сили різання зростають вдвічі після виникнення зносу інструмента з утворення радіуса при вершині ріжучої кромки. Також видно, що на кривих  $r_2=0,1$ ;  $r_3=0,3$  та  $r_4=0,5$  (мм) відбувається збільшення коливання сили, що, в свою чергу, призводить до зростання коливань інструмента

Процес виникнення наростоутворення схематично можна представити наступним чином. При визначених температурах і високих тисках в зоні різання, хімічно чисті поверхні стружки і інструмента підлягають адгезійному прихопленню: відбувається міцне приєднання контактного шару стружки до передньої поверхні інструмента і виникнення загальмованого шару. Обтікання даного шару стружкою сприяє виникненню нових загальмованих шарів метала, які нарастають один на одного, доки нарост не досягає розмірів, максимально можливих при даних умовах.[2]

На рис. 5 наведено графік залежності температури від часу оброблення при різних розмірах наросту.

З графіка (рис. 5) можна зробити висновок, що наростоутворення невеликих розмірів не має суттєвого впливу на температуру в зоні різання.

Проте, при виникненні наросту, який за розмірами буде наближений до максимального, в певних умовах різання, температура буде збільшувати своє значення.

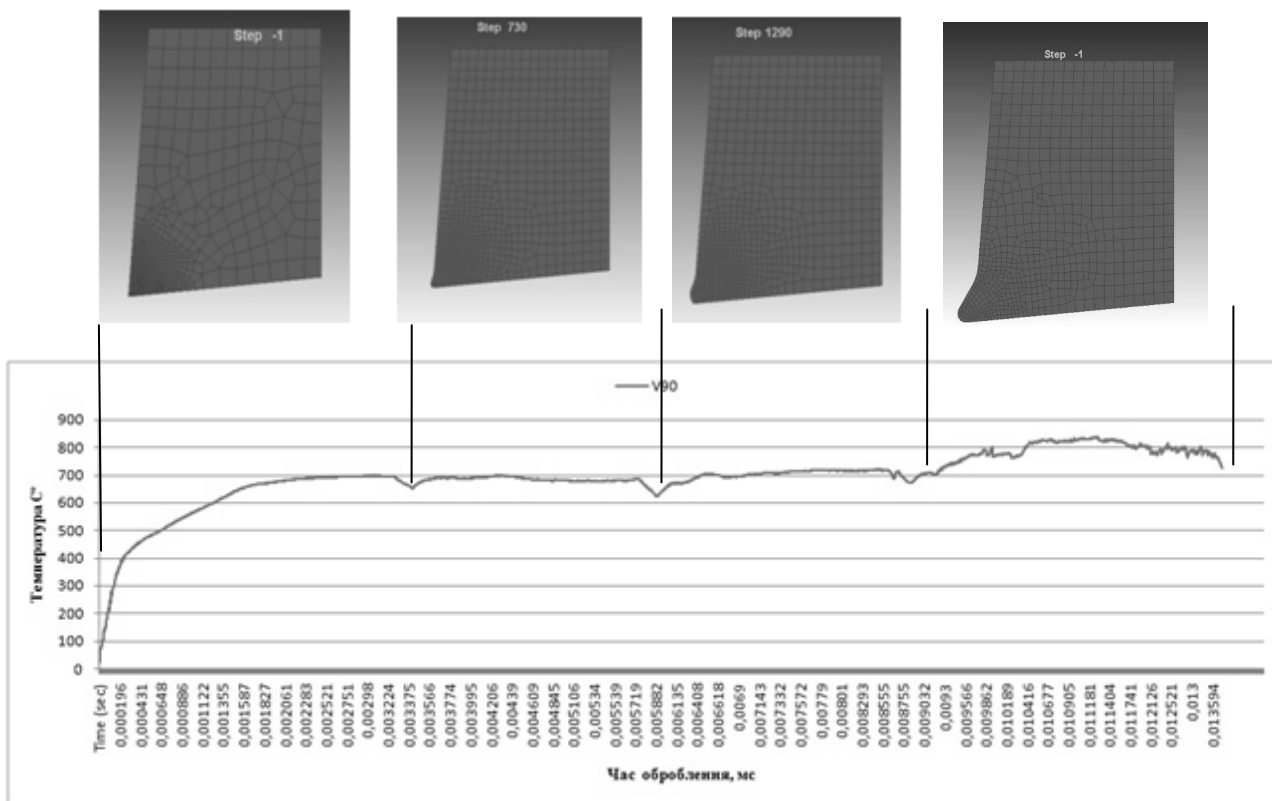


Рис. 5 - Графік залежності температури від часу оброблення при різних величинах наросту під час оброблення сталь 40 (подача  $S=0,25$  мм; глибина різання  $t=1$  мм; швидкість різання  $V=90$  мм/хв) визначена на основі аналізу реологічних імітаційних моделей в системі Deform 2D

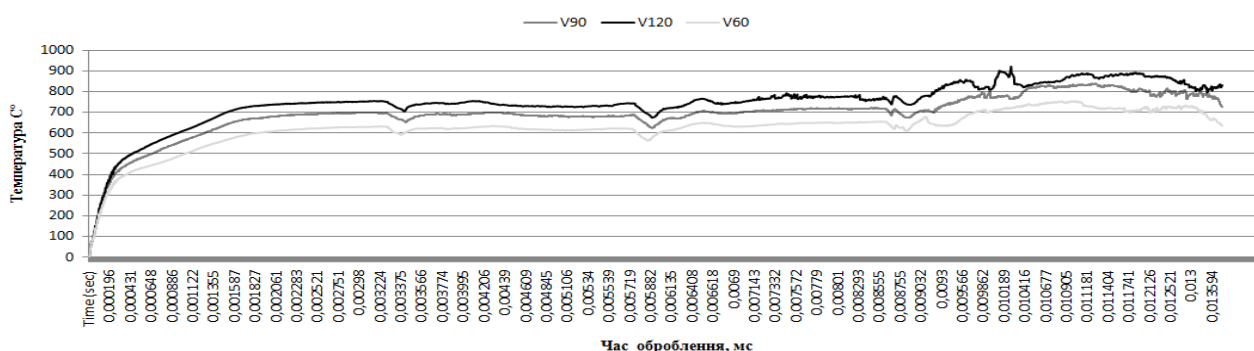


Рис. 6 - Графік залежності температури від часу оброблення при обробленні сталь 40 (подача  $S=0,25$  мм; глибина різання  $t=1$  мм; швидкість різання  $V_1=60$ м/хв,  $V_2=90$ м/хв,  $V_3=120$ м/хв)

Для порівняння температур при різних швидкостях різання а саме  $V_1=60$ м/хв,  $V_2=90$ м/хв,  $V_3=120$ м/хв наведено графік (рис. 6).

Аналізуючи графік, наведений на рис. 6, можна зробити висновок про те, що швидкість різання впливає на температуру в зоні стружкоутворення, а саме при збільшенні швидкості різання від 60м/хв до 90м/хв різниця температури збільшується на 10%. Аналогічна картина спостерігається при зміні швидкості від значення 90 м/хв до значення 120 м/хв.

Виникнення наросту змінює умови роботи інструмента. Оскільки нарост виконує функцію ріжучого клина, інструмент працює фактично з переднім кутом  $\gamma_\phi$ , значно більшим, від кута заточування

$\gamma$ , причому чим більша висота нароста, тим більша різниця  $\gamma_\phi$  і  $\gamma$ . Тому фактичне збільшення переднього кута зменшує деформації ріжучого шару і сили різання [3]. На рис. 7 наведені графіки залежності сили різання від величини наросту різального інструмента при обробленні конструкційної сталі 40 (подача  $S=0,25$  мм; глибина різання  $t=1$  мм; швидкість різання  $V=60$  мм/хв).

Аналізуючи даний графік, можна зробити висновок, що нарост не суттєво впливає на силу різання при обробленні сталі 40. Це пояснюється тим, що (як було наведено вище) він виконує функції ріжучого елемента при чому з відмінним від початкового значення кута різання, який, в свою чергу, зменшує силу різання.

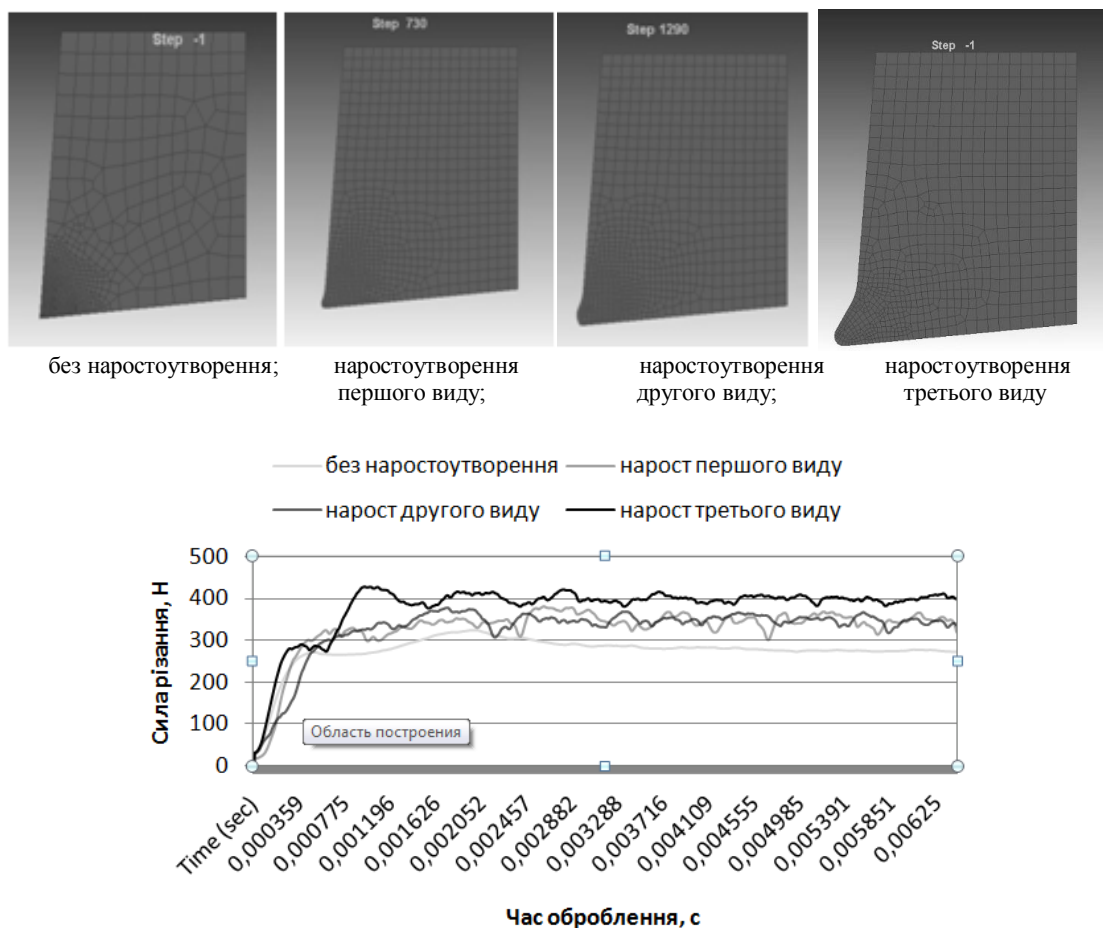


Рис. 7 - Графіки залежності сили різання від величини наросту різального інструмента при обробленні конструкційної сталі 40, визначені на основі аналізу реологічної імітаційної моделі в системі Deform 2D.

Аналізуючи даний графік, можна зробити висновки, що нарост не суттєво впливає на силу різання при обробленні сталі 40. Це пояснюється тим, що (як було наведено вище) він виконує функції ріжучого елемента при чому з відмінним від початкового значення кута різання, який, в свою чергу, зменшує силу різання.

#### Висновки.

Проаналізувавши вплив зношування інструмента та наростоутворення, які виникають на ріжучому лезі під час оброблення сталі 40, на реологічні властивості матеріалів, можна зробити висновки, що зношування інструменту має суттєве значення на формування силових та температурних характеристик в зоні різання. Ріжучі інструменти працюють в надзвичайно важких умовах дії високих тисків на поверхнях контакту і високої температури. Тому при вирішенні задач, пов'язаних з імітаційним моделюванням процесів різання вкрай важливо враховувати динамічні процеси зношування та наростоутворення на лезі різального інструменту.

Список літератури: 1. Старков В.К. Физика и оптимизация реза-

ния материалов / В.К. Старков.- М.: Машиностроение, 2009.-640 с. 2. Ступницький В.В. Дослідження залежності напружено-деформованого стану заготовки від переднього кута різального клина на основі реологічного моделювання процесу різання/ В.В. Ступницький, А.М.Кук // Сучасні технології в машинобудуванні: збірник наукових праць.- Вип.9.- Харків: вид-во НТУ «ХП», 2014. - с. 98-110. 3. Ступницький В.В. Моделювання напружено-деформованого стану матеріалу в зоні різання для структурно-параметричної оптимізації технологічної операції токарного оброблення / В.В. Ступницький // "Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні і приладобудуванні".- Львів: Вид-во НУ«ЛП», No713, 2011.- с. 45-49.

**Bibliography (transliterated):** 1. Starkov V.K. *Physics and optimization of cutting materials*. K. Starkov.- Moscow: Publishing Office «Engineering», 2009.-640 p. 2. Stupnytsky V.V., A.M.Kuk. *Investigation of the stress-strain state of the workpiece from the front angle of the cutting wedge based on rheological modeling of cutting. Modern technologies in engineering.*- Kharkov: Publishing Office NTU «KHPI», Vol.9, 2014. - pp. 98-110. 3. Stupnytsky V.V. *The modeling of the stress-strain state of the material in the cutting zone for structural and parametric optimization of the operation lathe processing. Optimization of production processes and technical control in engineering and instrument-making.*- Lviv: Publishing Office NTU «LP», No713, 2011. pp. 45-49

Поступила (received) 31.03.2015

Ступницький Вадим Володимирович – канд. техн. наук, доц. НУ «ЛП», Львів, тел.: (067)-748-16-73, e-mail: stupn@i.ua;

Долиняк Ярослав Віталійович— аспірант, НУ «ЛП», Львів, e-mail: yaroslavdol@i.ua.