

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра «Металорізальні верстати, метрологія та сертифікація»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ № 4
«ДЕФОРМАЦІЯ ЗРІЗУВАНОВОГО ШАРУ»
З ДИСЦИПЛІНИ «МЕТОДИ ФОРМОУТВОРЕННЯ»
Для спеціальностей: 131 Прикладна механіка
133 Галузеве машинобудування

Одеса – 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра «Металорізальні верстати, метрологія та сертифікація»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ № 4
«ДЕФОРМАЦІЯ ЗРІЗУВАНОВОГО ШАРУ»
З ДИСЦИПЛІНИ «МЕТОДИ ФОРМОУТВОРЕННЯ»
Для спеціальностей: 131 Прикладна механіка
133 Галузеве машинобудування

Затверджено на засіданні кафедри
«Металорізальні верстати,
метрологія та сертифікація»
Протокол № 9 від 29.06.21 р.

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 4 «Деформація зрізаного шару» з дисципліни «Методи формоутворення» для студентів з спеціальності 131 Прикладна механіка та 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форм навчання / Укладачі: Г.М. Голобородько, Л.М. Перпері – Одеса, 2021 - 10 с.

Укладачі: Г.М. Голобородько, канд. техн. наук, доц.,
Л.М. Перпері, канд. техн. наук, доц.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4
ТЕМА: ДЕФОРМАЦІЯ ЗРІЗУВАНОВОГО ШАРУ

Процес обробки металів різанням супроводжується пружними, пластичними деформаціями і диспергуванням. Диспергування пов'язано з утворенням нових поверхонь, розривом металу та утворенням стружки і обробленої поверхні на деталі. Стружкоутворення можливо, коли під дією інструменту в зрізуваному шарі виникають напруги, що перевищують межу міцності оброблюваного металу. При обробці пластичних матеріалів, до яких відносяться конструкційні сталі, мідь, свинець і багато сплавів, проникнення різального інструменту зазнає велику пластичну деформацію. Це призводить, наприклад для сталі не тільки до істотної зміни розмірів стружки, а й до значного збільшення її твердості (в 2-3 рази перевищує твердість оброблюваного матеріалу)[2].

У разі адгезійного схоплювання невеликих обсягів стружки з передньою поверхнею інструменту і освіти наросту через його підвищеної твердості з'являється можливість вести зрізання металу та перетворення його на стружку з безпосередньою участю наросту.

Мета роботи - вивчити процес деформації металу при стружкоутворенні шляхом ознайомлення з основними типами стружок, аналізу їх мікротвердості та визначення коефіцієнта усадки.

1 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Зміни розмірів стружки в основному відбувається по довжині і товщині. Явище укорочення стружки за рахунок її значного гальмування на передній поверхні інструменту отримало назву поздовжньої усадки стружки. Товщина стружки a_1 стає більшою, ніж товщина зрізуваного шару a (рис.1), а її ширина b_1 більше ніж ширина зрізуваного шару b .

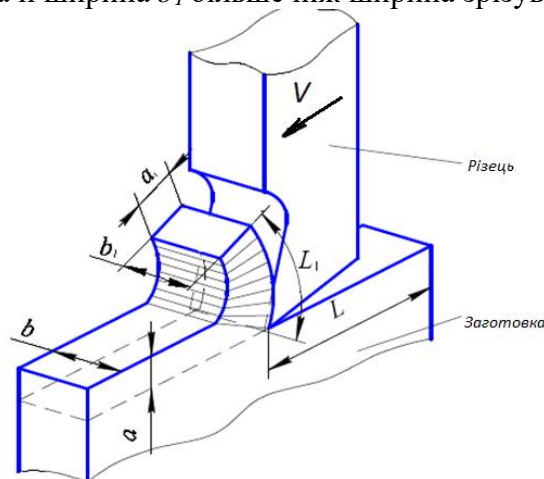


Рисунок 1. Схема деформації зрізуваного шару

Кількісно величина усадки стружки оцінюється коефіцієнтом усадки стружки. Коефіцієнт поздовжньої усадки стружки (вкорочення) обчислюється за формулою [1]:

$$K_L = \frac{L}{L_1},$$

де L – шлях, пройдений різцем;

L_1 – довжина знятої на цьому шляху стружки.

Коефіцієнт потовщення стружки обчислюється за формулою:

$$K_a = \frac{a_1}{a},$$

де a_1 , a – товщина, відповідно, стружки і зрізуваного шару.

Коефіцієнт розширення стружки обчислюється за формулою:

$$K_b = \frac{b_1}{b},$$

де b_1 , b – ширина, відповідно, стружки і зрізаного шару.

Неважко довести, що коефіцієнт поздовжньої і поперечної усадки стружки рівні між собою. Дійсно, з умови сталості обсягу оброблюваного металу до і після пластичної деформації отримаємо:

$$a b L = a_1 b_1 L_1,$$

тоді

$$K_L = K_a K_b$$

На усадку стружки впливають такі чинники:

- 1) фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу;
- 2) параметри режиму різання (V , S u t);
- 3) геометричні параметри інструменту;
- 4) інструментальний матеріал;
- 5) наявність і склад мастильно охолоджувального технологічного середовища (МОТС).

Властивості оброблюваного матеріалу також дуже впливають на усадку стружки. Чим з більшою пластичністю метал, тим більше усадка стружки при всіх інших рівних умовах. У в'язкому металі слабкіше міжатомних зв'язків, тобто менше сили зціплення між атомами, їх розташування порушується легко і, отже, пластична деформація при різанні буде більше. Але точної залежності між коефіцієнтом усадки стружки і будь-яким параметром, що визначає властивості оброблюваного матеріалу, не існує. Це пояснюється тим, що механічні властивості оброблюваного матеріалу в процесі різання не відповідають властивостям, обумовленим при статичному випробуванні зразків.

На усадку стружки з параметрів режиму найбільший вплив надають швидкість різання і подача [1, 2]. Загальний характер впливу швидкості різання на коефіцієнт усадки стружки при обробці звичайної конструкційної сталі може бути відображений графіком (рис. 2).

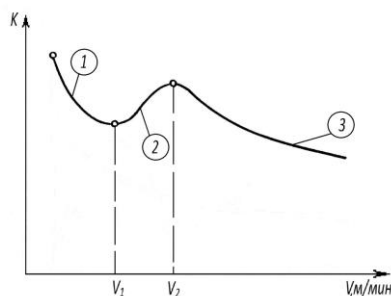


Рисунок 2. Вплив швидкості різання на коефіцієнт усадки стружки

У загальному випадку зростання швидкості різання збільшує швидкість деформації оброблюваного металу. При цьому ступінь пластичної деформації стружки через недостачу часу весь час зменшується при відсутності впливу інших факторів, які залежать від оброблюваного та інструментального матеріалів. При сприятливих умовах різання пластичних матеріалів відбувається так звана адгезія, тобто схоплювання певних обсягів стружки з передньою поверхнею різця [1 – 3]. Це відбувається під дією міжатомних сил, що викликає утворення наросту. З моменту виникнення наросту (рис. 3) фактичний передній кут зменшується, що полегшує процес стружкоутворення і знижує усадку стружки. Цим можна пояснити ділянку «1» кривої, зображеної на рис. 2. У міру збільшення швидкості різання ($V > 50$ м / хв) умови наростоутворення погіршуються, його висота знижується, що призводить до

зменшення переднього кута і збільшення усадки стружки, що ілюструють ділянку кривої «2» (рис. 2).

Крім загальної тенденції до зниження усадки з ростом швидкості різання на ділянці кривої «3» (рис. 2) діє додатковий фактор, який полягає у тому, що при збільшенні швидкості різання ($V = 80 \dots 100 \text{ м / хв}$) істотно збільшуються температури різання, що призводить до зміни коефіцієнта тертя між стружкою і передньою поверхнею інструменту. Загальний характер зміни коефіцієнта тертя в залежності від швидкості різання, а отже, і від температури контакту характеризує крива зображена на рисунку 4 [4, 5].

При швидкості різання, які викликають в зоні контакту температури вище $300 \dots 400 \text{ }^\circ\text{C}$ коефіцієнт тертя починає зменшуватися, що сприяє меншому гальмуванню стружки і знижує ступінь її деформації. Усадка стружки зменшується.

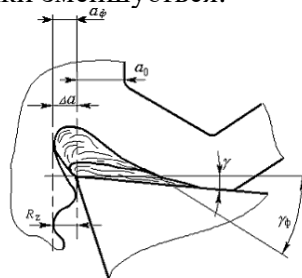


Рисунок 3. Вплив виникнення наросту на товщину стружки

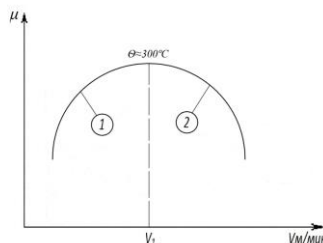


Рисунок 4. Залежність коефіцієнта тертя між стружкою і інструментом від швидкості різання

На залежність $K = f(a)$ впливає кут γ : чим більше передній кут різання (менше кут різання), тим менш інтенсивно зменшується усадка стружки зі збільшенням товщини зрізу; при $\gamma \geq 40^\circ$ коефіцієнт усадки може надаватися незалежно від товщини зрізу і виражається більш складною кривою, подібної залежності усадки стружки від швидкості різання.

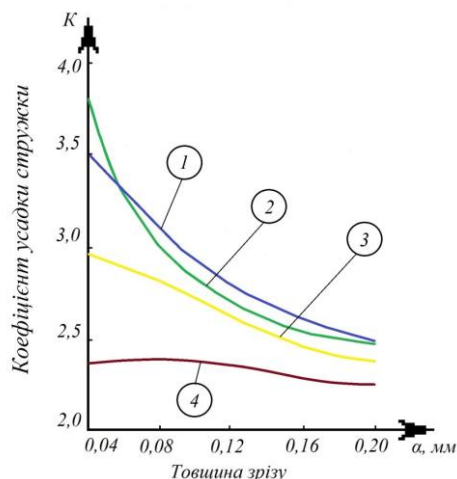
Величина зміцнення стружки, поверхні різання і обробленої поверхні, поряд з усадкою стружки, є характеристикою ступеня пластичної деформації металу при різанні [1 – 5].

Мастильно-охолоджуючі середовища (МОТС) значно знижують усадку стружки і роблять її менш залежною від товщини зрізу (рис. 5). (МОТС) зменшують глибину і ступінь зміцнення, причому при збільшенні швидкості різання інтенсивність зменшення зміцнення знижується. [1].

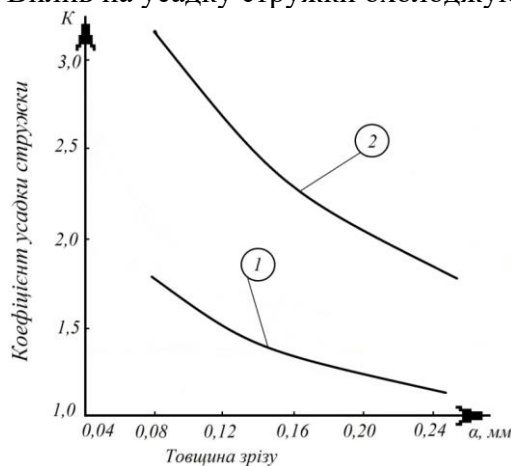
На усадку стружки впливає й оброблюваний матеріал. При обробці заготовок з малопластичних матеріалів усадка значно менше (рис. б), хоча і підкоряється тим же закономірностям, що і при різанні сталей; при $V > 250 \text{ м / хв}$ коефіцієнт усадки близький до одиниці. З двох сталей велику усадку при різанні буде отримувати та, яка має меншу твердість (більшу в'язкість).

На процес стружкоутворення, а отже, і на коефіцієнт усадки стружки впливають і властивості матеріалу, з якого зроблена ріжуча частина інструмента. При обробці вуглецевих конструкційних сталей різцями, оснащеними твердим сплавом, коефіцієнт усадки зменшується зі збільшенням вмісту в твердому сплаві карбіду титану і зі зменшенням вмісту кобальту (тобто в міру переходу від сплаву T15K10 до сплаву T30K4). Зміна усадки стружки в залежності від марки і партії твердого сплаву пояснюється різними коефіцієнтами сили тертя між стружкою і передньою поверхнею різця, що викликається різною схильністю сплавів до злипання зі стружкою [5].

Глибина поширення пластичної деформації від поверхні різання і обробленої поверхні залежить від ряду факторів і може досягати сотих часток міліметра і навіть декількох міліметрів [5].



1- насухо; 2- гас очищений; 3- емульсія; 4- гас активований
Рисунок 5. Вплив на усадку стружки охолоджуючої рідини:



1- Сталь 50Г; 2- Сталь 15
Рисунок 6. Вплив на усадку стружки твердості оброблюваного матеріалу:

2 ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНСТРУМЕНТУ НА УСАДКУ СТРУЖКИ

Найбільший вплив на пластичну деформацію та усадку стружки надає кут γ . З його збільшенням зменшується кут різання δ і кут загострення різального клину β , що призводить до полегшення врізання інструменту в оброблюваний матеріал, зниження нормального тиску на передню поверхню різця, зменшення сили тертя і гальмування стружки по передній поверхні. Все це сприяє зниженню напруженості процесу стружкоутворення і зменшення коефіцієнта усадки стружки. З ростом позитивного переднього кута усадка стружки незмінно зменшується (рис. 7) [4, 5].

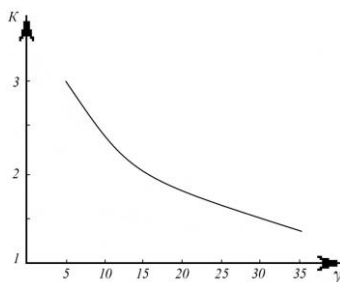


Рисунок 7. Вплив зростання переднього кута на коефіцієнт усадки стружки.

Головна і допоміжна задні поверхні різця, безпосередньо, у процесі стружкоутворення не беруть участь, тому практично α і α_1 на коефіцієнт усадки стружки не впливають (рис. 8).

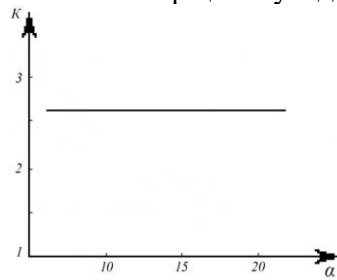
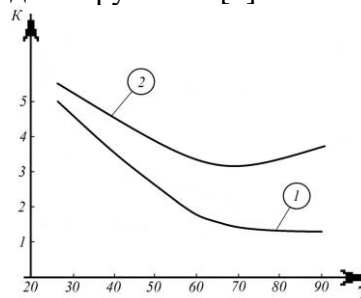


Рисунок 8. Графік, що ілюструє незалежність впливу кута α на коефіцієнт усадки стружки K

Істотно та неоднозначно впливає на усадку стружки головний кут в плані φ . Якщо радіус заокруглення при вершині відсутній ($r = 0$), то зростання кута φ призводить до зменшення коефіцієнта усадки стружки (рис. 9, крива 1). При наявності радіуса заокруглення при вершині ($r \neq 0$), зі збільшенням φ до певного значення K зменшується, а потім починає зростати (рис. 10, крива 2). Спробуємо пояснити дані закономірності. Для кривої 1 зменшення коефіцієнта усадки пов'язано з тим, що при збільшенні кута φ і збереженні незмінними величин t і S товщина зрізу a (рис. 10) збільшується [1] і основна маса металу, перетворюється в стружку, віддаляється від сильно загальмованого прирізцевого шару, що знижує в цілому деформацію і зменшує значення K . Аналогічне пояснення було дано раніше при поясненні впливу подачі S на коефіцієнт усадки стружки K [5].



- 1 – радіус заокруглення при вершині $r = 0$;
- 2 – радіус заокруглення при вершині $r \neq 0$

Рисунок 9. Залежність коефіцієнта усадки K від кута φ

Для пояснення кривої 2 (рис. 9) спочатку розглянемо вплив на процес різання криволінійної (радіусної) ділянки ріжучого леза. При різанні з малими глибинами різання (наприклад, $t = 0,1 \dots 0,3$ мм) і порівняно великим радіусом при вершині ($r = 3$ мм, що часто здійснюють при чистовій обробці) весь процес стружкоутворення буде здійснюватися криволінійним лезом [5].

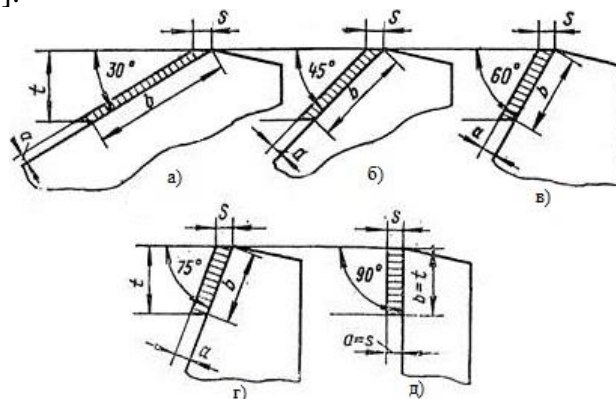


Рисунок 10. Товщина і ширина зрізу в залежності від головного кута в плані

На прямолінійній ділянці елементарні потоки стружки рухаються паралельно один одному. На криволінійній ділянці їх рух направлено до центру кривої радіуса r . При цьому вони заважають один одному, створюючи додатковий бічний тиск, утруднюючи процес стружкоутворення. Крім того, на криволінійній ділянці леза зменшуються фактичні кути в плані φ і товщини зрізу. Чим ближче до вершини, тим товщина зрізу менше і ступінь деформації більше, усадка збільшується. При досягненні певних його значень вплив криволінійного ділянки збільшується і коефіцієнт усадки починає рости (див. рис. 11, крива 2).

Вплив збільшення радіусу при вершині r на коефіцієнт усадки стружки носить однозначний характер. Збільшення r ускладнює процес стружкоутворення і збільшує усадку стружки (рис. 11).

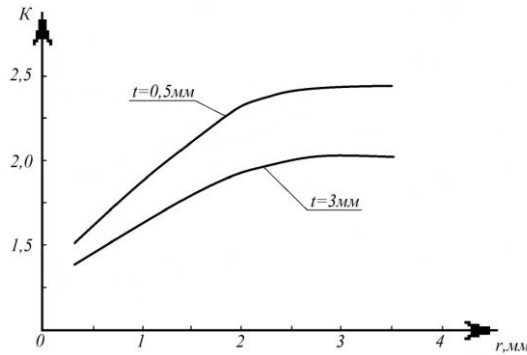


Рисунок 11. Вплив радіусу заокруглення при вершині на величину усадки стружки

Вплив допоміжного кута в плані φ_1 , на процес стружкоутворення можна пояснити аналогічно впливу кута φ . Однак, для середніх перетинів зрізу (t і S) довжина допоміжного леза, який бере участь в роботі, в порівнянні з головним лезом настільки мала, що цим впливом на практиці зазвичай нехтують. При знятті тонких шарів при $t = 0,05 \dots 0,1$ мм цей вплив потрібно вже враховувати.

Вплив кута нахилу головної різальної крайки λ на процес стружки може бути суттєвим при наявності радіусу при вершині і малих глибинах різання. Так, наприклад, при збільшенні позитивного кута λ (вершина різця в порівнянні з головним лезом опущена вниз) умови стружкоутворення важко, усадка стружки зростає [1 – 3].

3 СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА УСАДКИ СТРУЖКИ

Коефіцієнт усадки стружки може бути визначений різними способами [5]:

1. Метод вимірювання довжини стружки в порівнянні з довжиною шляху різання

$$K = \frac{L}{L_1}$$

де L , L_1 – відповідно шлях, пройдений різцем і довжина знятої стружки.

2. Метод вимірювання товщини стружки і порівняння її з товщиною зрізу

$$K = \frac{a_1}{a}$$

де a_1 , a – товщина відповідно стружки і зрізу.

Ці два методи, незважаючи на уявну простоту, мають на практиці істотними недоліками. Так, при різанні з високими швидкостями виникають великі труднощі з виміром як шляху різання, так і довжини самої стружки.

Товщину стружки за другим методом важко визначити через складний рельєф (рвана, суглобистими поверхню) її зовнішньої сторони, тому точність вимірювання досить низька.

3. Метод вимірювання фактичної площі поперечного перерізу стружки $f_{стр}$ і порівняння її з площею поперечного зрізу

$$K = \frac{f_{стр}}{f}$$

де $f_{стр}$, f – площа поперечного перерізу відповідно стружки і зрізу, $f = t S = a b$.

Площа поперечного перерізу стружки можна виміряти планіметром, однак цей метод кропіткий, оскільки вимагає виготовлення шліфів поперечного перерізу стружки і застосовується в тих випадках, коли дуже мало перетину зрізу (Чистова обробка) або форма і характер стружки не дозволяють використовувати інші методи. Найбільшого поширення набув наступний метод.

4. Ваговий метод визначення усадки стружки.

При деяких умовах деформації зрізаного шару стружка так щільно закручується в виток, що її важко розпрямити і виміряти довжину. У цьому випадку для визначення поздовжньої усадки стружки користуються ваговим методом.

Цей метод полягає в наступному: беруть шматочок стружки довжиною 5 ... 10 мм, зачистивши торці, зважують на аналітичних вагах (ваги високої точності) і розраховують коефіцієнт усадки стружки

$$K = \frac{1000 G}{\gamma L_1 t S}$$

де G – маса шматочка стружки, мг;

γ – питома маса металу стружки, г/см³;

L_1 – довжина стружки, мм;

t – глибина різання, мм;

s – подача, мм.

Однак і цей метод досить трудомісткий і не надає високої точності Тому на кафедрі металорізальних верстатів, метрології та сертифікації було розроблено та успішно випробувано протягом тривалого періоду метод, який може бути умовно названий методом зарубок. Сутність цього методу викладена далі.

4 ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Необхідне обладнання, прилади, інструменти

1. Демонстраційна установка для вивчення процесу стружкоутворення, зібрана на універсально-фрезерному верстаті.
2. Інструментальний мікроскоп.
3. Бінокулярний мікроскоп.
4. Мікротвердомер ПМТ-3.
5. Комплект експериментальних різців і заготовок.
6. Токарно-гвинторізний верстат.
7. Мірні лінійки.

Перша частина лабораторної роботи носить демонстраційний характер. Бригаді студентів задаються вихідні режими різання, інструмент і заготовка для здійснення процесу різання і спостереження за зоною стружкоутворення. Змінюючи режим різання і геометрію інструменту, студенти за допомогою бінокулярного мікроскопа візуально вивчають зону стружкоутворення, зарисовують її видиму картину і одержувані типи стружок. У протоколі студент повинен проаналізувати і пояснити що відбуваються в зоні стружкоутворення явища в зв'язку зі зміною геометрії інструменту і режиму різання. Крім того, студенти вивчають роботу мікротвердомера і складають схему зміни мікротвердості по перетину зафіксованого

кореня стружки. усадки стружки, як одного з найважливіших параметрів, що характеризують процес різання [5].

Коефіцієнт усадки стружки визначають методом зарубок. Він полягає в зіставленні шляху, пройденого різцем, щодо заготівлі (шлях різання) і довжини знятої стружки. На відміну від існуючих класичних методів рекомендується використовувати метод вимірювання стружки, розроблений на кафедрі металорізальних верстатів, метрології та сертифікації, який полягає в наступному: на заготівлі паралельно осі обертання наносять дві мірних риски на заданій відстані одна від одної [5]. Після процесу різання на досліджуваному режимі на знятій стружці легко виявити дві характерні щербини - сліди від нанесених рисок. Вимірюючи на інструментальному мікроскопі за допомогою мікрометричних гвинтів відстань між слідами рисок на знятій стружці, з великою точністю визначають коефіцієнт поздовжньої усадки (вкорочення) стружки:

$$K = \frac{L}{L_1}$$

де L, L_1 – відстань відповідно по дузі між рисками на заготовці та між слідами рисок на знятій стружці.

Залежно від облікового складу групи для безпосереднього виконання роботи студенти комплектуються в 3-4 групи. Кожній групі задаються вихідні дані. Після проведення експериментів на токарному верстаті та на підставі отриманих даних побудувати графіки функцій: $K = f(V), K = f(S)$.

Для побудови першого графіка задаються чотири значення частот обертання шпинделя, глибини різання і значення подачі на оборот. Знаючи діаметр оброблюваної заготовки, студенти розраховують фактичні значення швидкості різання, м / хв:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}$$

Вихідні дані і одержувані результати заносять в табл.1 і 2.

Таблиця 1

Вихідні дані	Опрацьований матеріал	Діаметр заготовки, мм	Глибина різання, мм	Подача, мм/об	Відстань між зарубками, мм

Отриманні данні в залежності $K = f(V)$ оформлюють у вигляді графіку та у відповідності до роблять висновки та роз'яснення.

Друге дослідження проводять для виявлення впливу на усадку стружки величини подачі. По аналогічній методиці розраховують коефіцієнт вкорочення стружки. Отриманні данні зводять у таблицю3.

Таблиця 2

Частота обертання $n, \text{хв}^{-1}$				
Розрахункова швидкість різання, $v, \text{м/хв}$				
Відстань між зарубками на стружці $L, \text{мм}$				
Коефіцієнт усадки K				

Таблиця 3

Подача s , мм/об				
Відстань між рисками на стружці L_L , мм				
Коефіцієнт усадки K				

Експериментальні дані оформляють у вигляді графіка, якому як і в першому випадку має бути дано докладне пояснення.

Робота вважається закінченою після персонального захисту протоколу з виставленням в журнал поточної оцінки.

5 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

5.1 Вкажіть які фізичні явища відбуваються в зоні стружкоутворення.

5.2 Перерахуйте кількісні характеристики ступеня деформації стружки та методи їх визначення.

5.3 Охарактеризуйте вплив умов різання на деформацію стружки.

5.4 Назвіть з яких частин складається хвостовик та які в них призначення.

5.5 Розкажіть чи впливають властивості оброблюваного матеріалу на усадку стружки. Якщо так, то зазначте як саме.

5.6 Охарактеризуйте вплив геометричних параметрів різального інструменту на ступень деформації стружки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосолов, Ф.Я. Якубов; під аг. ред. М.П. Мазур.- Львів: Новий світ – 2000, 2010, 2013. – 422с.

2. Матюха П.Г. Теорія різання. Навчальний посібник для ВНЗ / П.Г. Матюха. – Донецьк: ДонНТУ, 2005, 259 с.

3. Методологія визначення параметрів і умов механічної обробки матеріалів: Навч. посібник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ – Р.П. Дідик, Ю.В. Ткачов, В.Г. Олійниченко та ін. – Дніпропетровськ: НГУ, 2005, 164 с.

4. Слободяник П. Т., Тонконогий В.М., Мироненко С.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Теорія обробки матеріалів» для студентів фахів 7.090258, 7.090211, 7.090214, 7.090207, 7.090220. Одеса, ОНПУ. 2003, 44 с.

5. Методические указания к лабораторной работе «Деформация срезаемого слоя по дисциплине «Теория резания» / Укл. Ю.Н. Гончар, П.Т. Слободяник, С.В. Мироненко. – Одесса: ОПИ, 1991 - 20 с.