

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

### НОРМУВАННЯ ЗУБОШЛІФУВАЛЬНИХ РОБІТ

**Мета заняття:** Ознайомлення з методикою нормування шліфувальних робіт та набуття практичних навичок технічного нормування зубошліфувальних та шліцешліфувальних робіт .

#### Загальні положення

##### Розрахунок режимів різання при шліфуванні

Розрахунок режимів різання при шліфуванні починають з встановлення характеристик інструменту. Інструмент при шліфуванні різних конструкційних і інструментальних матеріалів вибирають із даних, наведених в довідниках [23, 25].

#### ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ РІЗАННЯ ПРИ ШЛІФУВАННІ:

– швидкість обертального або поступального руху заготовки –  $v_z$ , м/хв;

– глибина шліфування, яка визначається шаром металу, що знімається периферією або торцем круга в результаті поперечної подачі **на кожен хід або подвійний хід** при круглому чи плоскому шліфуванні  $S$  **та в результаті радіальної подачі  $S_p$  при врізному шліфуванні** –  $t$ , мм;

– поздовжня подача  $S$  – переміщення шліфувального круга в напрямку його осі в міліметрах **на один оберт заготовки при**

*круглому шліфуванні або в міліметрах на кожен хід столярів при  
Таблиця 63  
плоскому шліфуванні периферією круга;*

– швидкість круга –  $v_k$ .

Параметри різання при різних видах шліфування конструкційних та інструментальних сталей наведені в табл. 64.

**Потужність.** Ефективна потужність :

- *при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею*

$$N \approx C v^r t^x s^y d^q, \text{ кВт};$$

- *при врізному шліфуванні периферією круга*

$$N \approx C v^r t^x s^y d^q b^z, \text{ кВт};$$

- *при шліфуванні торцем круга*

$$N \approx C v^r t^x b^z, \text{ кВт},$$

де  $b$  – ширина шліфування, рівна довжині ділянки заготовки, що шліфується при круглому врізному шліфуванні і поперечному розміру поверхні заготовки при шліфуванні торцем круга, мм;

$d$  – діаметр шліфувального круга, мм.

Значення коефіцієнта  $C_N$  і показників степеня в формулах приведені в табл. 63.

**Значення коефіцієнта і показників степеня в  
формулах для визначення потужності  
різання при шліфуванні**

Таблиця 63

Шліфування	Оброблюваний матеріал	Шліфувальний круг		Коефіцієнт і показники степеня					
		Зернистість	Твердість	<i>CN</i>	<i>v</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>q</i>	<i>z</i>
<b>Кругле зовнішнє: з поперечною подачею на подвійний хід,  з поперечною подачею на кожен хід, врізання</b>	СЗ	50 - 40	СМ1-СМ	1,3	0,75	0,85	0,70	-	-
		50	СМ2	2,2	0,5	0,5	0,55	-	-
		40	СМ1-С1	2,65	0,5	0,5	0,55	-	-
		50	СМ1	0,14	0,8	0,8		0,2	1,0
<b>Кругле внутрішнє</b>	СН	40	С1	0,27	0,5	0,4	0,4	0,3	-
	СЗ	50-40	СМ1-С1	0,36	0,35				
		25	СМ1	0,3	0,35				
	Ч	40	СМ1	0,81	0,55	1,0	0,7	0,3	
<b>Кругле бесцентрове:  на прохід  врізне</b>	СН	40 - 25	С1-СТ1	0,1	0,85	0,6	0,7	0,5	-
		25	СМ2	0,075					
	СЗ	40	СМ1-С1	0,28	0,6	0,6	0,5	0,5	-
		25	СМ1-С1	0,34					
	СЗН	40	СМ1-С1	0,07	0,65	0,65	-	0,5	1,0
	<b>Плоске периферією круга на верстатах: з прямокутним столом, з круглим столом</b>	СН	50	СМ2	0,52	1,0	0,8	0,8	-
С1 СТ2				0,59 0,68					
СЗ		50-40	МЗ-С1	0,53	0,8	0,65	0,7	-	-
		50-40	МЗ-СМ1	0,7	0,7	0,5	0,5	-	-
<b>Плоске торцем круга на верстатах: з прямокутним столом,  з круглим столом</b>	СН	125	М2	0,17*	0,7	0,5			-
		125	С1	0,39*	0,7				
		125	СТ1	0,59*	0,7				
		80-50	М1-СМ2	1,9**	0,5				
	СЗ	50	М3	1,31**	0,5				-
		80-50	М1-СМ2	5,2**					
			М3	3,8**	0,3	0,25	-	-	-
		Ч	50	СМ1-СМ2	4 0**	0,4	0,4	-	-
		СМ2	2,6***					5	

**Примітка.** 1. \* – круги на бакелітовій зв'язці; \*\* – круг кільцевий на керамічній зв'язці; \*\*\* – круг сегментний на керамічній зв'язці.  
2. СЗН – сталь загартована і незагартована; СЗ – сталь загартована; СН – сталь незагартована; Ч – чавун.  
3. Абразивний матеріал: електрокорунд – при обробленні сталі, карборунд – при обробленні чавуну.

**Параметри різання при різних видах  
шліфування  
конструкційних та  
інструментальних сталей**

Таблиця 63

Метод оброблення	Чавуни і сталі				
	$t$ , мм	Поздовжня подача на оберт $S_o$ , мм	Радіальна подача на оберт $S_p$ , мм	$v_k$ , м/с	Швидкість заготовки $v_3$ , м/хв
<b>Кругле зовнішнє шліфування: З поздовжньою подачею на кожний хід:</b>	0,01 - 0,025	(0,3 - 0,7) $B$	-	30 - 35	15 - 25
<i>кінцеве</i>	0,05 - 0,015	(0,2 - 0,4) $B$	-	-	15 - 55
<b>З поздовжньою подачею на</b>	0,015 - 0,05	(0,3 - 0,7) $B$	-	30 - 35	20 - 30
<b>подвійний хід: Врізне: попереднє</b>	-	-	0,0025 - 0,075	-	30 - 50
<b>кінцеве</b>	-	-	0,001 - 0,05	30 - 35	40-60
<b>Кругле внутрішнє шліфування З поздовжньою подачею на кожний хід: попереднє</b>	0,005 - 0,02	(0,4 - 0,7) $B$	-	30 - 35	15 - 30
<i>кінцеве</i>	0,0025 - 0,01	(0,25 - 0,4) $B$	-	-	20 - 40
<b>Плоское шліфування Периферією круга: попереднє</b>	0,005 - 0,015	(0,3 - 0,6) $B$	-	30 - 25	8 - 30
<i>кінцеве</i>	0,005 - 0,01	(0,2 - 0,25) $B$	-	-	20 - 60
<b>Торцем круга: попереднє</b>	0,015 - 0,04	-	-	30 - 35	4 - 12
<i>кінцеве</i>	0,005 - 0,01	-	-	-	2 - 3
<b>Хонінгування попереднє</b>	Припуск: 100 мкм	$v_{3П}$ $l$ , м/хв 5 - 27	$S_{pI}$ мкм/подв.хід 1,0 - 3,0	20 - 80 м/хв	-
( $p_d = 0,6 - 1,4$ МПа) <i>кінцеве</i>	10 мкм	-	0,3 - 1,0	-	-
( $p_d = 0,3 - 0,6$ МПа) <b>Суперфініш</b> ( $p_d = 0,4 - 0,8$ МПа)	-	$v_{3П}$ $l$ , м/хв 1,0 - 2,0	-	-	180 - 360

**Примітка.** 1. Інструментальний матеріал: електрокорунд – для оброблення сталей; карбід кремнію – для чавунів.

2.  $B$ , мм – висота абразивного круга.

$v_{3П}$

3.  $l$  – швидкість зворотно-поступального руху інструменту.

4.  $p_d$  – тиск брусків на оброблювану поверхню.

5. При суперфініші: частота коливань інструменту  $n_k = 350 - 1400$  коливань/хв; амплітуда коливань інструменту  $A = 2 - 6$  мм.

## Приклад 1

Таблиця 63

### Нормування зубшліфувальної роботи

**Завдання.** *Визначити норму штучного часу на операцію шліфування зубців прямозубого колеса (рис.15)*

Вихідні дані.

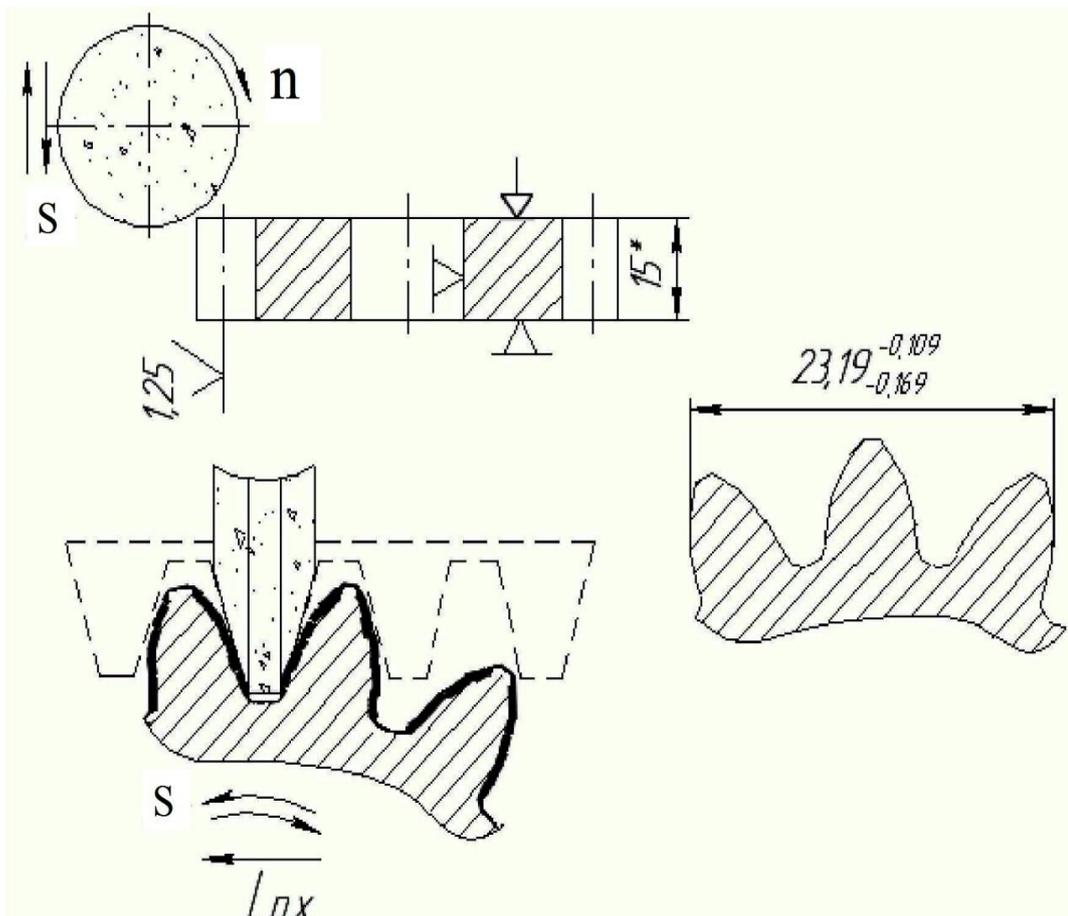
Деталь – зубчасте колесо. Число зубців  $z = 25$ . модуль  $t = 3$ . ступінь точності 7В. Ширина вінця  $B = 15$  мм. матеріал – сталь 40Х, твердість HRC55.

Операція шліфування зубців методом обкатки.

Припуск по ділительному колу зубчастого колеса  $2\Pi = 0,32$  мм.

Верстат зубшліфувальний моделі 5831.

$N_{дв} = 1,6$  кВт, шліфувальний круг  $2\Pi$  250x13x75 мм. швидкість обертання круга  $V_k = 30$  м/с. Виробництво - великосерійне.



1. Вибір шліфувального круга. Для зубошліфування по методу обкатки з періодичним діленням двостороннім конічним кругом (твердість сталі 55HRC, шорсткість поверхні  $R_a=1.25\text{мкм}$ , модуль 3мм) рекомендується круг 2П 250x13x75 з характеристикою 24A25CM18K [7. карта35].

## 2 Розрахунок основного часу.

### 2.1 Вибір величини подачі обкатки на подвійний хід шліфувального круга.

Для модуля до 4 мм і припуску  $\Pi=0,16\text{мм}$  по ділильному колу визначаємо кількість проходів:

чорновий	$i_1 - 1$ прохід
напівчистовий	$i_2 - 1$ прохід
чистовий	$i_3 - 1$ прохід

Глибина шліфування по ділильному колу за один прохід:

$$\text{для } i_1 = 1 - t_1 = 0.1\text{мм}$$

$$\text{для } i_2 = 1 - t_2 = 0.1\text{мм}$$

$$\text{для } i_3 = 1 - t_3 = 0.1\text{мм}$$

Для модуля до 4мм при числі зубців  $z = 25$  подача обкатки на подвійний хід повзуна:

$$\text{для } i_1 = S_{\text{двх1}} = 1,69\text{мм/дв.х}$$

$$\text{для } i_2 = S_{\text{двх2}} = 1,69\text{мм/дв.х}$$

$$\text{для } i_3 = S_{\text{двх3}} = 0,75\text{мм/дв.х}$$

[7. Лист 1. Карта 36]

### 2.2. Вибір довжини ходу каретки на напрямку обкатки.

Для модуля  $t = 3$  при числі зубців  $z = 25$  довжина ходу каретки в напрямку обкатки  $L_{px} = 21.5$  мм [7. лист 2. карта 36] Таблиця 63

### 2.3. Вибір числа подвійних ходів шліфувального круга.

Для ширини вінця зубчатого колеса  $B = 15$  мм довжина ходу повзуна

$$B_{px} = B + (5 \dots 10) = 5 + 10 = 25 \text{ мм.}$$

Для  $B_{px} = 25$  мм число подвійних ходів шліфувального круга

$$n = 200 \text{ ход/мин. [7. лист 3. карта 36]}$$

### 2.4. Основний час розраховується по формулі : [7. лист 4. карта 36]

$$t_0 = \left[ \frac{1.33 \cdot L_{px}}{n} \left( \frac{i_1}{S_{двх1}} + \frac{i_2}{S_{двх2}} + \frac{i_3}{S_{двх3}} + t(i + 2) \right) \right] \cdot r$$

де  $r$  – час на вивід круга (відскок) та швидкий підвід, приймається рівним  $0,05$  хв. [7. лист 4. карта 36]

Тоді

$$t_0 = \left[ \frac{1.33 \cdot 21.5}{200} \left( \frac{1}{1.69} + \frac{1}{1.69} + \frac{1}{0.75} + 0.05(3 + 2) \right) \right] \cdot 25 = 15.22 \text{ хв}$$

### 3. Визначення допоміжного часу.

3.1 Час на встановлення заготовки:  $t_{уст} = 0,11$  мм [4. карта 7. лист 1].

3.2 Час пов'язаний з переходом:  $t_{в.пер} = 1,65$  хв [4. карта 33. лист 5].

3.3 Час пов'язаний з вимірюванням:  $t_{вим} = 0,09$  хв [4. карта 43. лист 1].

### 3.4 Загальний допоміжний час:

$$t_v = t_{уст} + t_{в.пер} + t_{вим} = 0,11 + 1,65 + 0,09 = 1,85 \text{ хв}$$

### 4 Оперативний час:

$$t_{on} = t_o + t_e = 15,22 + 1,85 = 17,07 \text{ хв.}$$

Таблиця 63

5 Час на обслуговування робочого місця: (приймається у відсотках від  $t_{on}$ .) Для зубошліфувальних верстатів які працюють по методу обкатки одним шліфувальним кругом – 9%

$$t_{обс} = 17,07 \cdot 0,09 = 1,54 \text{ хв.}$$

6 Час на відпочинок та особисті потреби складає - 4% від  $t_{on}$ .

$$t_{от.л} = 17,07 \cdot 0,04 = 0,68 \text{ хв}$$

7 Норма штучного часу:

$$T_{шт} = t_{on} + t_{обс} + t_{от.л} = 17,07 + 1,54 + 0,68 = 19,29 \text{ хв}$$

## Приклад 2

### Нормування шліцешліфувальної операції

Завдання. Визначити норму штучного часу на операцію шліфування зубців прямозубого шліцевого валу (рис.16)

#### Вихідні дані.

Деталь – шліцевий вал.

Шліци  $d_b \times 26f7 \times 32a11 \times 6f7$ . Матеріал – сталь 1х13. Твердість HRC45.

Операція шліцешліфувальна -шліфувати внутрішній діаметр шліцевого валу та бічних поверхонь шліців (див. рис.16).

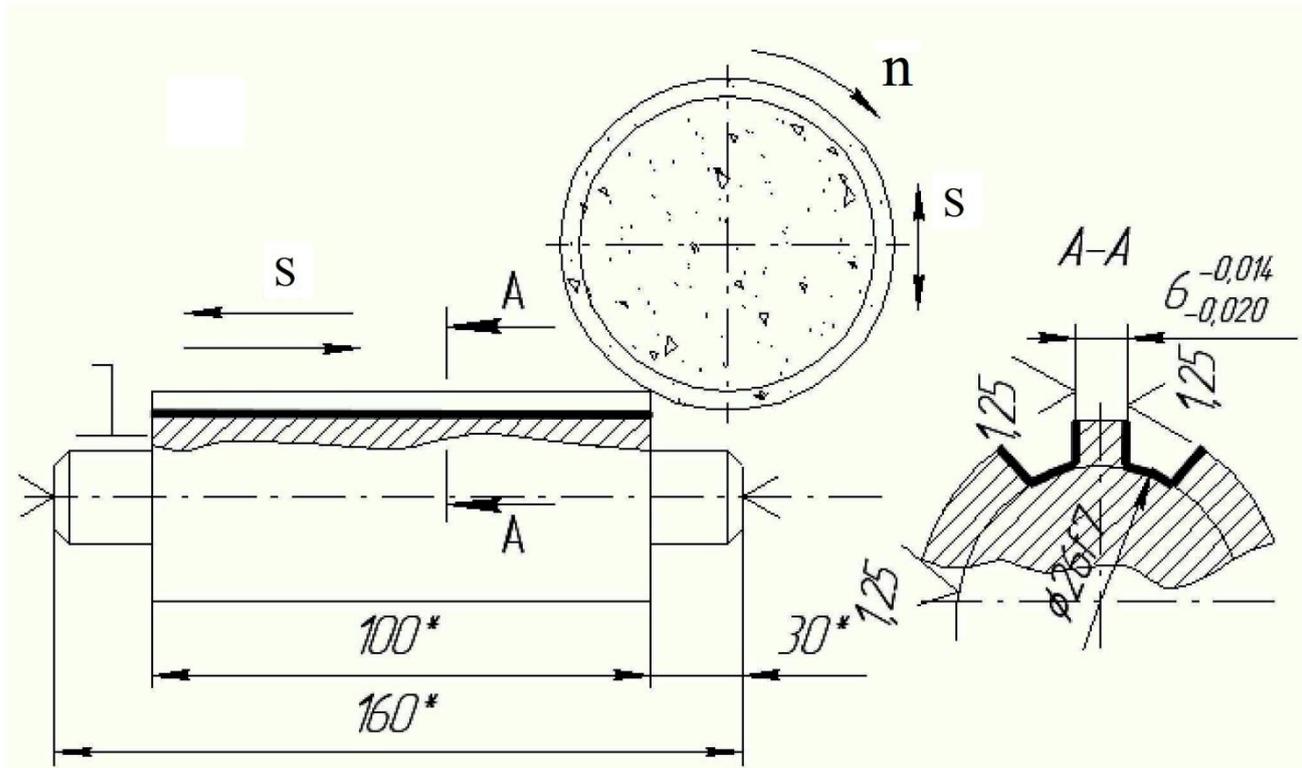
Припуск на обробку :  $2\Pi = 0,4 \text{ мм}$  (по технологічному процесу).

Верстат шліцешліфувальний - моделі 3451.

Шліфувальний круг - 1 200х13х32мм.

Швидкість обертання круга  $v_k = 35 \text{ м/с}$ .  $N_{дв} = 3 \text{ кВт}$ .  $\eta = 0,8$ .

Виробництво - великосерійне.



## Рішення

### 1. Вибір шліфувального круга.

*Вибір шліфувального круга для обробки дна та бічних поверхонь шліців (твердість сталі 45HRC, шорсткість поверхні  $R_a = 1.25\text{мкм}$ ).*

*Вибираємо круг 200x13x32 з характеристикою 24A25C16K [9.карта39].*

### 2. Визначення основного часу.

*2.1. Визначення довжини перебігу круга. При діаметрі круга  $D_k = 200\text{мм}$  та глибині шліцевої впадини рівної  $3\text{мм}$ , величина перебігу складатиме  $38\text{мм}$ . При шліфуванні на прохід  $u = 38 + 10 = 48\text{мм}$ . [7.карта40.лист2]*

*2.2. Визначення довжини робочого ходу стола  $L_{px} = l + u$ . де  $l = 100\text{мм}$  довжина поверхні яка шліфується. Відповідно  $L_{px} = 100 + 48 = 148\text{мм}$ .*

*2.3. По нормативам [7], а також паспортним даним станка визначається швидкість руху стола, число робочих ходів, час переключення і ділення:  $v_z = 10\text{м/хв}$ ;  $i = 7$ ;  $t = 0,015\text{хв}$ .*

## **2.4. Основний час** [7.карта40]

Таблиця 63

$$t_o = \left( \frac{2L_{\text{рх}}}{1000V_3} + t \right) \cdot z \cdot i = \left( \frac{2 \cdot 148}{1000 \cdot 10} + 0.015 \right) \cdot 6 \cdot 7 = 1.9 \text{хв}$$

### **3. Визначення допоміжного часу.**

3.1. Час на встановлення заготовки -  $t_{\text{уст}} = 0,22 \text{хв}$  [4.картаб].

3.2. Час пов'язаний з переходом -  $t_{\text{пер}} = 0,05 \text{хв}$  [4.карта33.листб].

3.3. Час пов'язаний з вимірюванням, перекривається основним часом.

### **3.4. Загальний допоміжний час**

$$t_g = 0.22 + 0.05 = 0.27 \text{хв}$$

### **4. Оперативний час.**

$$t_{\text{оп.}} = t_o + t_g = 1,9 + 0,27 = 2,17 \text{хв}$$

5. Час на обслуговування - *приймається у % від  $t_{\text{оп.}}$*

Для шліцешліфувальних верстатів – 10%.

$$t_{\text{обс}} = 2.17 \cdot 0.1 = 0.217 \text{хв} \text{ [4.карта45.лист3]}$$

6. Час на відпочинок та особисті потреби - *приймається 4% від  $t_{\text{оп.}}$*

$$t_{\text{от.л.}} = t_{\text{оп.}} \cdot 0.04 = 2.17 \cdot 0.04 = 0.087 \text{хв}$$

### **7. Норма штучного часу.**

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{оп.}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{от.л.}} = 2,17 + 0,217 + 0,087 = 2,474 \text{хв}$$