

М.М. Підгаєцький, доц., канд. техн. наук, О.І. Скібінський, доц., канд. техн. наук.,  
Д.Б. Козинець, студ.

Кіровоградський національний технічний університет

## Умови швидкісного шліфування поверхонь деталей із загартованої сталі 18ХГТ

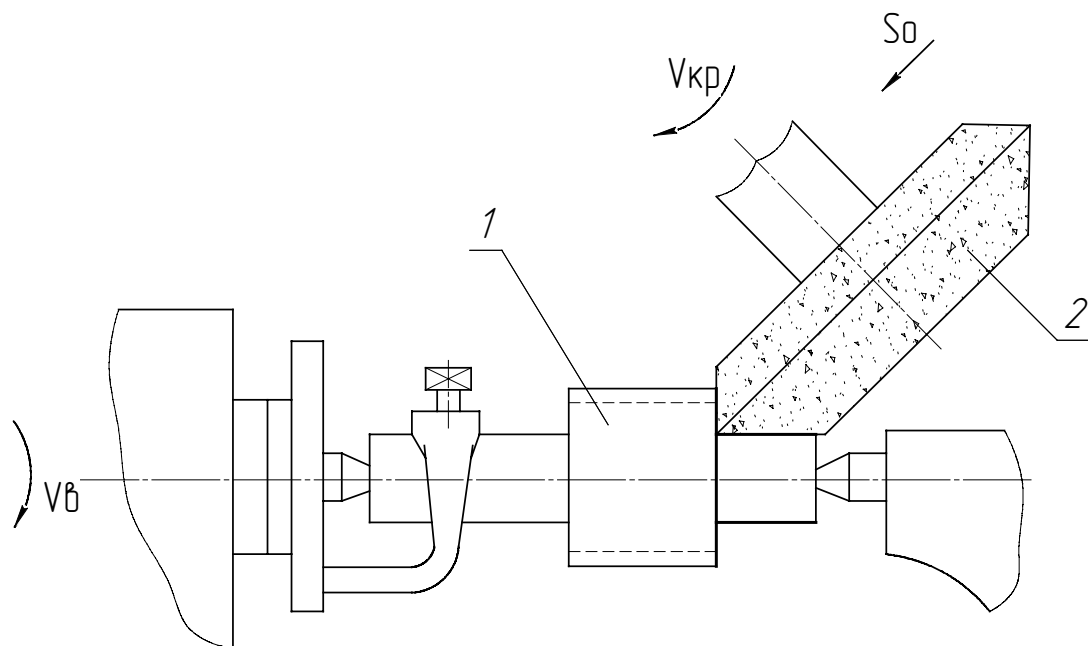
В статті досліджено способи швидкісного шліфування поверхонь шестерень гідравлічних насосів із цементованої сталі 18ХГТ конічно-циліндричним кругом та виявлено область режимів швидкісного шліфування без припалювань та мікротріщин.

швидкісне шліфування, загартована сталь 18ХГТ, припіки, припалювання

При швидкісному шліфуванні торців та цапф шестерень гідравлічних насосів із цементованої сталі 18ХГТ на поверхні торців виникають припіки та мікротріщини.

Шліфування відбувається на торце-круглошліфувальних верстатах кутовими швидкісними кругами ( $v_{кр}=50\text{м/с}$ ).

Схема шліфування приведена на рис. 1.



1- деталь; 2- швидкісний кутовий круг;  $v_B$ - швидкість виробу;  $v_{кр}$ - швидкість круга;  $s_0$ - подача на оберт деталі

Рисунок 1 - Схема шліфування на торце-круглошліфувальному верстаті

З метою виключення появи припиків та мікротріщин проведено комплекс досліджень в лабораторних умовах на модернізованому верстаті 3А130.

При швидкісному шліфуванні поверхневий шар деталі підлягає тепловому навантаженню, інтенсивність якого коливається в широких межах в залежності від способу проведення процесу [1].

При впровадженні швидкісного шліфування у виробництво можуть бути поставлені різні цілі: підвищення продуктивності операції при заданій якості виробу або підвищення якості шліфованої деталі при заданому рівні продуктивності. В зв'язку

з цим перехід від звичайного шліфування до швидкісного можна здійснити різними способами, які умовно позначимо А, Б і В. Приведені нижче дані відносяться до круглого шліфування.

Спосіб А характеризується тим, що пропорційно підвищенню швидкості  $v_{кр}$  збільшують і швидкість  $v_v$  виробу так, щоб їх співвідношення  $\alpha = \frac{v_{кр}}{v_v}$  залишалось

постійним. При заданій подачі  $s_o$  на оберт виробу хвилинна поздовжня подача  $s_n$  збільшується, що приводить до збільшення хвилинного з'йому  $Q_m$  і, як наслідок, до підвищення продуктивності операції.

Спосіб Б здійснюється таким чином, що при рості  $v_{кр}$  значення  $v_v$  залишається незмінним, внаслідок чого збільшується  $\alpha$ . При заданій подачі  $s_o$  значення  $s_n$  і  $Q_m$  зберігаються постійними при довільній швидкості круга.

Спосіб В характеризується тим, що при збільшенні  $v_{кр}$  збільшують і  $v_v$  ( $\alpha = \text{const}$ ), в той час коли подача  $s_n$  і зняття металу  $Q_m$  залишаються постійними. При цьому при збільшенні  $v_{кр}$  зменшується шорсткість оброблюваної поверхні.

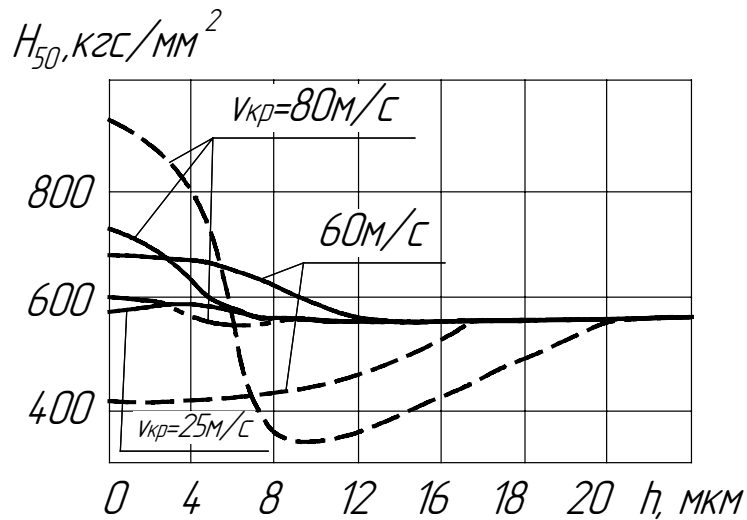
Експериментальні дослідження проводили на модернізованому верстаті мод. 3А130 при шліфуванні зразків із загартованої сталі 18ХГТ (HRC 58-60, вихідна структура – троостит відпуску) кругом 24А25СМ27К5. Модернізації підлягла система охолодження мастила, що подається в підшипники шпинделя, привід обертання шпинделя, система подачі ЗОР, та вузол балансування круга; крім того були передбачені додаткові заходи по техніці безпеки. В результаті модернізації, як показала практика, забезпечена надійність досліджень при  $v_{кр}$  до 90 м/с.

Якість поверхневого шару оцінювали по стану його мікроструктури та зміні мікротвердості, яка визначалася на пристрої ПМТ-3 при навантаженні 50 кгс. Для цього на поверхні відшліфованого зразка виконували косий шліф (кут скосу  $3^0$ ). Досліджували також (рентгенографічним методом) тонку кристалічну структуру поверхневого шару по характеру зміни густини  $\rho_d$  дислокації, розмірів  $D_6$  блоків когерентного розсіювання та мікроспотворювань  $\Delta_{a/a}$  кристалічної решітки.

Режими різання варіювали в наступних межах: швидкість круга  $v_{кр} = 60 \div 80$  м/с (для співставлення використовували також  $v_{кр} = 25$  м/с); швидкість виробу  $v_v = 15 \div 100$  м/хв. ( $\alpha = 320 \div 48$ ); глибина шліфування  $t = 0,01 \div 0,07$  мм; тиск ЗОР (1,5%-ної водомасляної емульсії)  $p = 1 \div 5$  кгс/см<sup>2</sup>. На рис. 2 показано зміну мікротвердості  $H_{50}$  по глибині  $h$  поверхневого шару при різних способах швидкісного шліфування. Видно, що характер змін величини  $H_{50}$  зі збільшенням  $v_{кр}$  визначається в основному способом швидкісного шліфування. При обробці способом А (суцільні лінії) збільшення швидкості круга з 25 до 80 м/с приводить до збільшення мікротвердості в середньому на 25-28%, що пояснюється головним чином наклепом поверхневого шару. При цьому глибина наклепаного шару зменшується зі збільшенням швидкості круга. Дослідження мікроструктури показало, що при шліфуванні по способу А збільшення  $v_{кр}$  до 80 м/с не викликало структурних змін, які погіршують якість поверхневого шару.

При шліфуванні по способу Б (штрихові лінії) збільшення швидкості круга до 60 м/с приводило до припіку відпуску, яке супроводжувалося утворенням сорбітно-трооститної структури і характеризувалося зниженою мікротвердістю. Збільшення  $v_{кр}$  до 80 м/с при  $v_v = 15$  м/хв приводило до припіку вторинної заковки. Останній супроводжувався утворенням шару, який включав структуру мартенситу з підвищеним складом аустеніту. Цей нерівномірний по товщині шар мав високу мікротвердість і розповсюджувався на невелику (4-6 мкм) глибину. В ньому спостерігалися мікротріщини, які концентрувалися в основному навколо великих западин мікронерівностей. Під зовнішнім вторинно-закаленим шаром лежав шар вторинного

відпуску з сорбітною структурою, який поступово переходив в основну структуру деталі.



суцільні лінії – спосіб А, штрихові – спосіб Б ( $v_B=15\text{ м/хв}$ ), штрих-пунктирна – спосіб В ( $s_n=0,6\text{ м/хв}$ ,  $\alpha=60$ )

Рисунок 2 - Зміна мікротвердості при різних способах швидкісного шліфування ( $t=0,01\text{ мм}$ )

При шліфуванні по способу В (штрихпунктирна лінія) з  $v_{кр}=80\text{ м/с}$  і  $\alpha=60$  будь-які зміни в поверхневому шарі деталі були відсутні, що пояснюється порівняно низькою температурою в зоні контакту.

Представляє практичний інтерес визначення оптимального значення  $\alpha$ , тобто такого, при якому якість поверхневого шару по мірі зростання швидкості круга не буде погіршуватися. На рис. 3 показано зміну мікротвердості при різних значеннях  $\alpha$ , а нижче приведенні значення розмірів  $D_6$  блоків когерентного розсіювання, густини  $\rho_d$  дислокацій та мікроспотворень  $\Delta_{a/a}$  при  $v_{кр}=80\text{ м/с}$ .

|                                                |       |      |       |       |
|------------------------------------------------|-------|------|-------|-------|
| $\alpha$ .....                                 | 320   | 120  | 60    | 48    |
| $D_6, \text{ мкм}$ .....                       | 0,073 | 0,13 | 0,091 | 0,082 |
| $\rho_d \cdot 10^{-10}, \text{ см}^{-2}$ ..... | 5,7   | 1,8  | 3,6   | 4,5   |
| $(\Delta_{a/a}) \cdot 10^{-4}$ .....           | 7,1   | 7,8  | 9,1   | 9,3   |

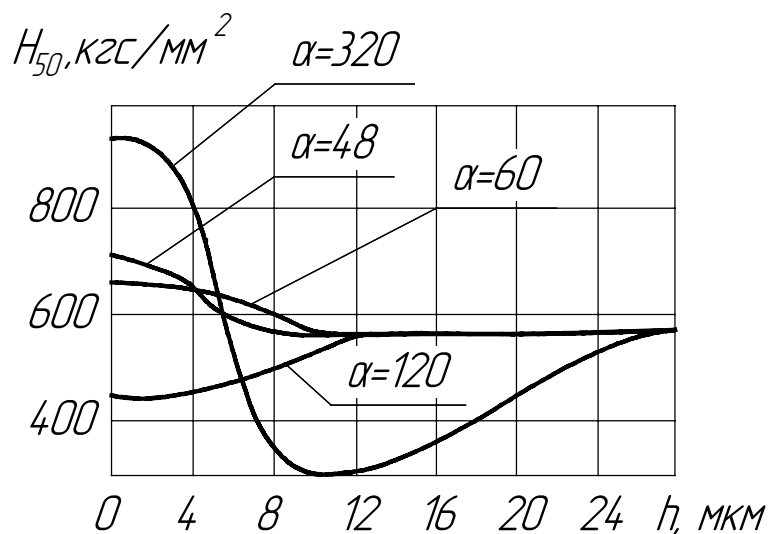


Рисунок 3 - Зміна мікротвердості в залежності від співвідношення  $\alpha$  швидкостей круга і деталі ( $v_{кр}=80\text{ м/с}$ ,  $t=0,01\text{ мм}$ )

При шліфуванні з  $v_{кр} = 80 \text{ м/с}$  і  $\alpha = 320$  (спосіб Б) на оброблюваній поверхні утворювались великі п'ятна припіку вторинної закалки, в результаті чого блоки когерентного розсіювання ставали дрібнішими, густина дислокацій зростала, а спотворення решітки дещо зменшувалося в порівнянні з аналогічними показниками при  $\alpha = 60$ , що пояснюється наявністю сітки мікротріщин.

Зниження  $\alpha$  до 120 дозволило зменшити ступінь припіку шліфованої поверхні, на якій спостерігався при цьому, головним чином припік відпуску, що приводило до росту блоків когерентного розсіювання, зниженню густини дислокацій та незначному збільшенню мікроспотворювань.

При  $\alpha \leq 60$  (спосіб В) у поверхневому шарі були відсутні будь-які структурні зміни; значення параметрів кристалічної структури відповідали вихідному зразку. Зменшувати  $\alpha$  нижче 60 не рекомендується внаслідок підвищеного нагрівання та зносу центрів, що в свою чергу призводить до зниження точності деталі.

На рис. 4, де представлено зміну мікротвердості при різному тиску ЗОР, видно, що зі збільшенням тиску  $p$  ступінь припалювання оброблюваної поверхні знижується.

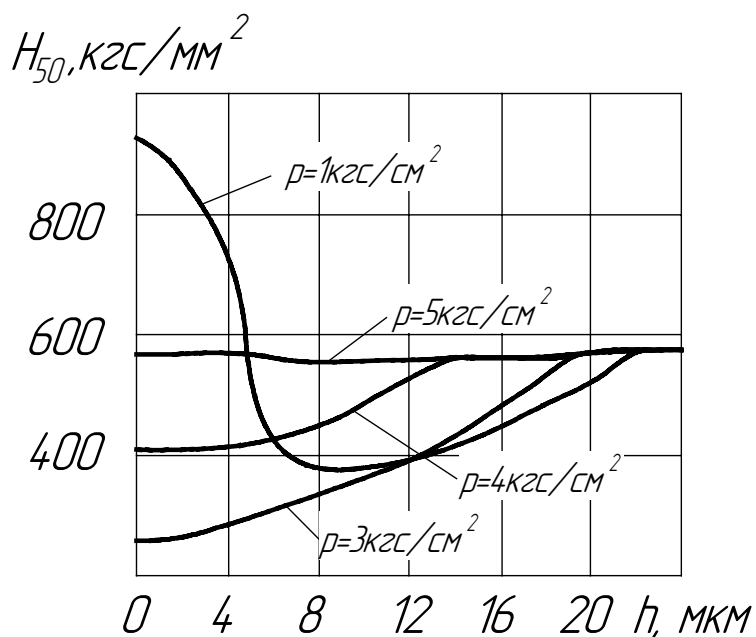
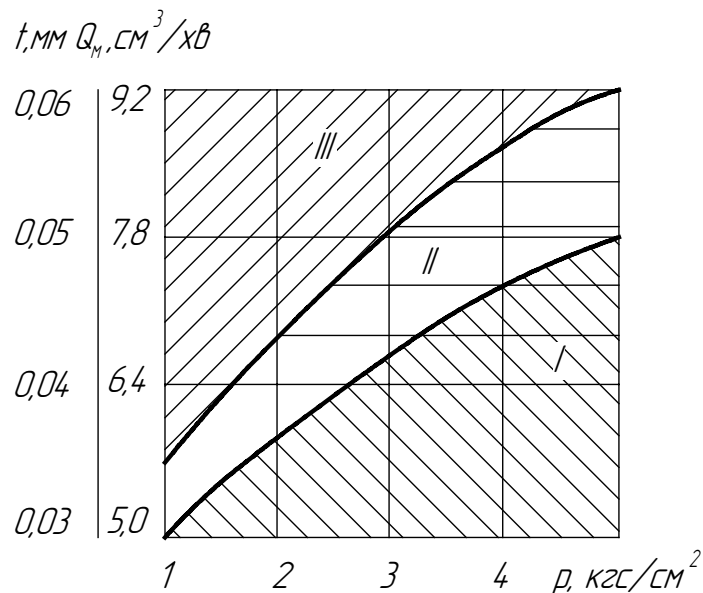


Рисунок 4 - Зміна мікротвердості при різному тиску ЗОР (спосіб А,  $v_{кр} = 80 \text{ м/с}$ ,  $t = 0,05 \text{ мм}$ )

Встановлено, що при шліфуванні по способу А з  $v_{кр} = 80 \text{ м/с}$  та  $Q_m \approx 8 \text{ см}^3/\text{хв}$  ( $t = 0,05 \text{ мм}$ ) подача ЗОР під тиском  $1 \text{ кгс/см}^2$  не забезпечує достатнього охолодження зони контакту, і на шліфованій поверхні утворюються інтенсивні плями припалювання вторинної закалки. Збільшення  $p$  до  $3 \text{ кгс/см}^2$  призводить до того, що на поверхні утворюються плями припалювання відпускання (глибина зміненого шару  $16 - 20 \text{ мкм}$ ). Подальше збільшення тиску ЗОР знижує як кількість плям припалювання, так і глибину зміненого шару, і при  $p = 5 \text{ кгс/см}^2$  структурні зміни у поверхневому шарі практично відсутні.

В процесі досліджень виявлено область режимів швидкісного шліфування загартованої сталі 18ХГТ без припалювання при різному тиску ЗОР (рис. 5). Як видно, зі збільшенням тиску  $p$  значення граничного знімання металу збільшуються.



I – область шліфування без припиків; II – область, в якій виникають неглибокі (4-5 мкм) дефекти, які видаляються при послідовному вихажуванні; III – область шліфування з припіками

Рисунок 5 - Графік для визначення граничного хвилинного знімання  $Q_m$  металу при  $v_{кр} = 80$  м/с і різному тиску  $p$  ЗОР

Таким чином, дослідження показують, що перехід від звичайного шліфування до швидкісного доцільно виконувати способами А і В, витримуючи при цьому  $\alpha=60\div80$ . Спосіб Б не рекомендується внаслідок погіршення якості поверхневого шару по мірі підвищення швидкості круга. При шліфуванні загартованої сталі 18ХГТ кругом 24А25СМ27К5 по способу А ( $\alpha=60$ ) при  $v_{кр} = 80$  м/с підвищення тиску ЗОР до 5 кгс/см<sup>2</sup> (витрати 70 л/хв) дозволяє підвищити зняття металу до 7-8 см<sup>3</sup>/хв.

Спосіб В рекомендується для застосування, коли необхідно зменшити шорсткість обробленої поверхні при збереженні заданої продуктивності.

## Список літератури

1. Пилинский В.И., Николаев С.В. Тепловые явления при шлифовании изделий с высокими скоростями. – В кн.: Теплофизика технологических процессов. Вып. 3. Саратовский Гос. Ун-т, 1977.
2. Кремень З.И., Юрьев В.Г., Бабошкин А.Ф. Технология шлифования в машиностроении. - СПб.: Политехника, 2007, 424 с.
3. Якимов А.В., Паршаков А.Н., Свирщев В.И., Ларшин В.П. Управление процессом шлифования. - К.: Техніка, 1983.

В статье исследованы способы скоростного шлифования поверхностей шестерен гидравлических насосов из цементируемой стали 18ХГТ коническо-цилиндрическим кругом и определена область режимов скоростного шлифования без прижогов и микротрещин.

In article modes of high-speed grind of surfaces of pinion gears of hydraulic pumps from a cemented steel 18ХГТ conical - cylindrical around are investigated and the area of modes of high-speed grind without has dropped and microcracks is defined.