

УДК 621.923.5

М.М. Підгаєцький, доц., канд.техн.наук, К.К. Щербина, канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Кінематика процесу різання при хонінгуванні отворів пружно-гвинтовим хоном

В статі розглядається процес утворення мікрорельєфу оброблюваної поверхні з врахуванням траєкторії руху алмазно-абразивного зерна. Наведені схеми взаємодії оброблюваної поверхні з алмазно-абразивними брусками як для традиційних конструкцій хонінгувальних головок, так і для пружно-гвинтового хону. Представлено схеми взаємодії пружно-гвинтового хону на етапі попередніх і кінцевих проходів з оброблюваною поверхнею. Були визначені залежності впливу кута нахилу алмазно-абразивного бруска на густину утвореної сітки слідів. Також представлені дослідження впливу кута нахилу алмазно-абразивних брусків на утворення макрорельєфу оброблюваного отвору. Визначено вплив переносу власних геометричних відхилень хонінгувальних головок на оброблювану поверхню.
мікрорельєф, макрорельєф, сітка слідів, геометричні виробні лінії, пружно-гвинтовий хон, траєкторія руху зерна

М.М. Подгаецкий, доц., канд.техн.наук, К.К. Щербина, канд.техн.наук
Кировоградский национальный технический университет

Кинематика процесса резания при хонинговании отверстий упруго-винтовым хоном

В статье рассматривается процесс создания микрорельефа обрабатываемой поверхности с расчетом траектории движения алмазно-абразивного бруска. Представленные схемы взаимодействия обрабатываемой поверхности с алмазно-абразивными брусками, как для традиционных конструкций хонинговальных головок так и для упруго-винтового хона. Также представлены схемы взаимодействия упруго-винтового хона на этапе предварительных и конечных проходов с обрабатываемой поверхностью. Были определены зависимости влияния, угла наклона алмазно-абразивного бруска на плотность получаемой сетки следов. Также представлены исследования влияния угла наклона алмазно-абразивных брусков на создание макрорельефа обрабатываемого отверстия. Определено влияние собственных геометрических отклонений хонинговальных головок на обрабатываемую поверхность.
микрорельеф, макрорельеф сетка следов, геометрические производные линии, упруго-винтовой хон, траектория движения зерна

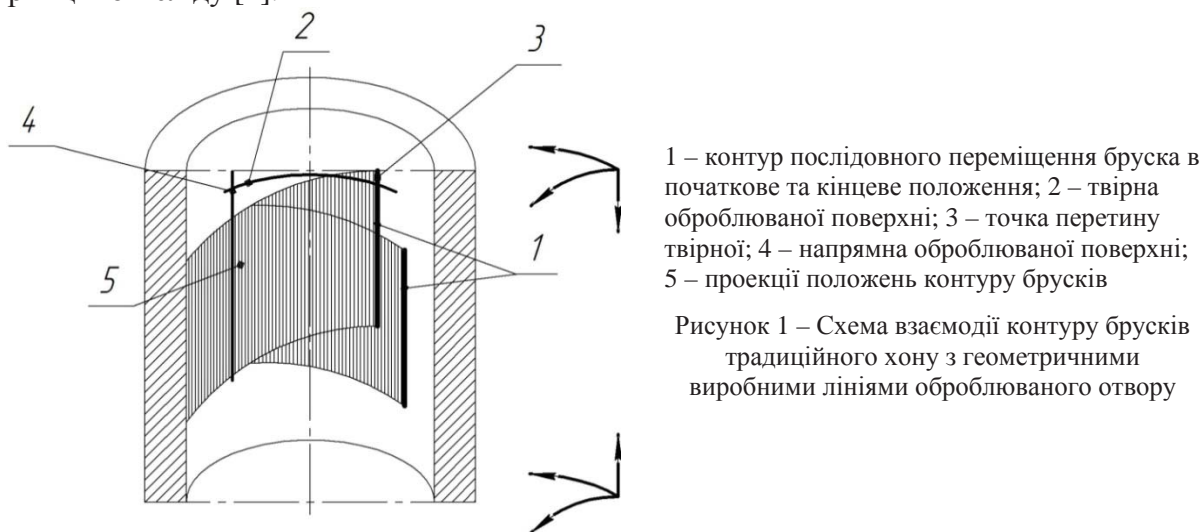
Вступ. Кінематику процесу різання при хонінгуванні отворів необхідно розділити на два етапи:

- утворення макрорельєфу оброблюваної поверхні (метод утворення геометричних виробних ліній);
- утворення мікрорельєфу оброблюваної поверхні (метод утворення сітки слідів).

Макрорельєф або макрогеометрія утворюється при взаємодії контуру бруска з геометричними виробними лініями (ГВЛ) оброблюваного отвору, тобто напрямною та твірною. При цьому визначається ступінь переносу геометричної форми бруска (відхилення форми або зносу) на відповідну ГВЛ [1]. Побудуємо схему взаємодії контакту брусків традиційного хону з геометричними виробними лініями оброблюваного отвору (рис.1).

Постановка проблеми. На підставі схеми рис.1 визначено, що твірна оброблюваного отвору має точковий характер взаємодії з контуром алмазного бруска

традиційного хону, що передбачає відсутність переносу геометричного відхилення або зносу контуру обумовленого бруска [1]. Тобто, метод утворення геометричної виробної лінії, а саме твірної при хонінгуванні отворів традиційним хонем, буде відбуватися за принципом сліду [1].

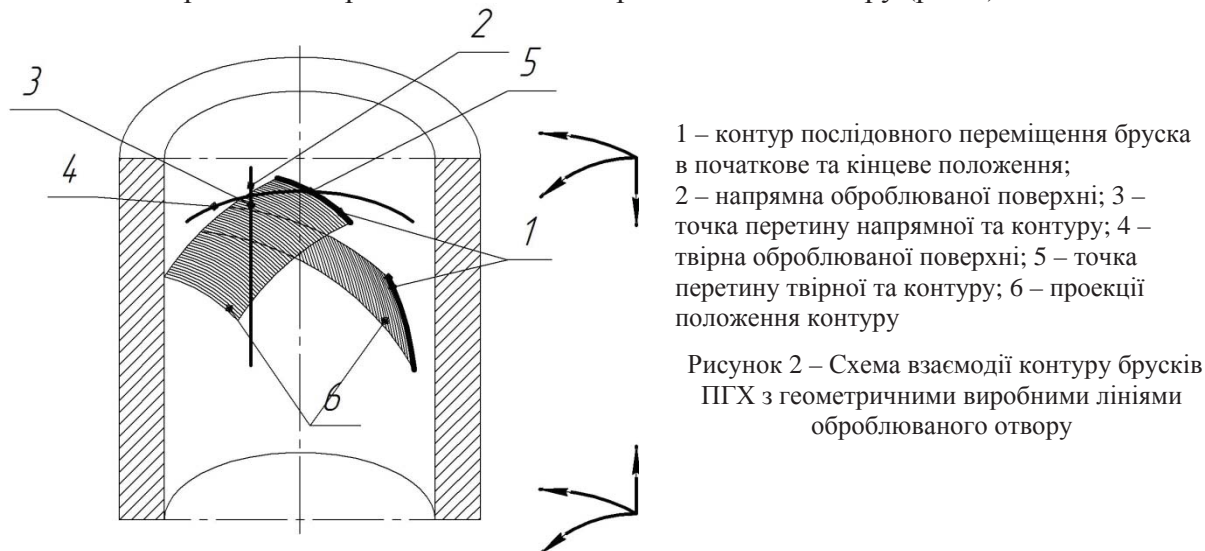


1 – контур послідовного переміщення бруска в початкове та кінцеве положення; 2 – твірна оброблюваної поверхні; 3 – точка перетину твірної; 4 – напрямна оброблюваної поверхні; 5 – проекції положень контуру брусків

Рисунок 1 – Схема взаємодії контуру брусків традиційного хону з геометричними виробними лініями оброблюваного отвору

Напрямна оброблюваного отвору має співпадіння з контуром алмазного бруска традиційного хону і має лінійний характер взаємодії, який передбачає можливість копіювання геометричних відхилень або зносу контуру обумовленого бруска [1, 2]. Тобто, метод утворення геометричної виробної лінії, а саме напрямної при хонінгуванні отворів традиційним хонем, буде відбуватися за принципом копіювання [1]. Обумовлена особливість взаємодії контуру бруска і напрямної геометричної виробної лінії передбачає підвищені вимоги до підготовки традиційного хону та постійний контроль зносу в процесі хонінгування.

Виклад основного матеріалу. Побудуємо схему взаємодії контакту брусків ПГХ з геометричними виробними лініями оброблюваного отвору (рис.2).



1 – контур послідовного переміщення бруска в початкове та кінцеве положення; 2 – напрямна оброблюваної поверхні; 3 – точка перетину напрямної та контуру; 4 – твірна оброблюваної поверхні; 5 – точка перетину твірної та контуру; 6 – проекції положення контуру

Рисунок 2 – Схема взаємодії контуру брусків ПГХ з геометричними виробними лініями оброблюваного отвору

На підставі схеми рис.2 визначено, що твірна оброблюваного отвору має точковий характер взаємодії з контуром алмазного бруска ПГХ, що передбачає лише місцеве значення переносу геометричного відхилення або зносу контуру обумовленого

бруска. Тобто, метод утворення геометричної виробної лінії, а саме твірної, при хонінгуванні отворів ПГХ буде відбуватися за принципом сліду.

Напрямна оброблюваного отвору має точковий характер взаємодії з контуром алмазного бруска ПГХ, що також передбачає лише місцеве значення переносу похибок. Метод утворення геометричної виробної лінії, а саме прямої, при хонінгуванні отворів ПГХ буде відбуватися за принципом сліду.

Отриманий метод утворення геометричних виробних ліній при хонінгуванні отворів ПГХ за принципом сліду став можливий за рахунок розміщення алмазно-абразивного бруска по гвинтовій лінії. Також це дало зменшення впливу ПГХ на макрорельєф оброблюваного отвору.

Похибка пов'язана із зносом бруска частково переноситься на ГВЛ рис. 3 Довжина похибки копіювання на ГВЛ визначається за рівнянням :

$$l_k = l_b * \cos \varphi , \quad (1)$$

де l_k – довжина похибки копіювання;

l_b – довжина бруска;

φ – кут нахилу бруска.

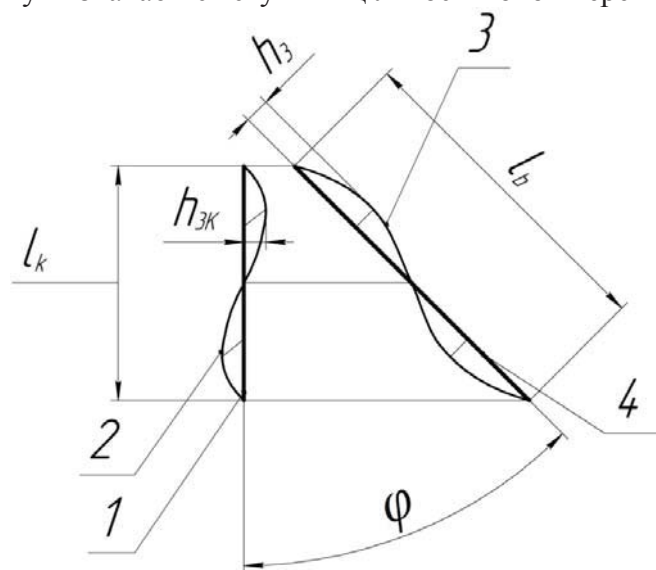
Відхилення контуру від номінального положення визначається по формулі:

$$h_{зк} = h_з * \sin \varphi , \quad (2)$$

де $h_{зк}$ – відхилення контуру від номінального положення;

$h_з$ – похибка зносу.

Мікрорельєф або мікрогеометрія утворюються при взаємодії траєкторії одиничних зерен, які переміщуються по заданим векторам лінійних швидкостей. При цьому визначається ступінь щільності точок перетину траєкторії одиничних зерен.



- 1 – ГВЛ, напрямна номінальна;
- 2 – копія контуру зношеної поверхні бруска; 3 – контур реального зносу бруска;
- 4 – номінальний контур бруска;
- l_k – довжина похибки копіювання; l_b – довжина бруска; φ – кут нахилу бруска; $h_{зк}$ – відхилення контуру від номінального положення;
- $h_з$ – похибка зносу

Рисунок 3 – Схема утворення макрорельєфу оброблюваного отвору при взаємодії ПГХ з виробними геометричними лініями

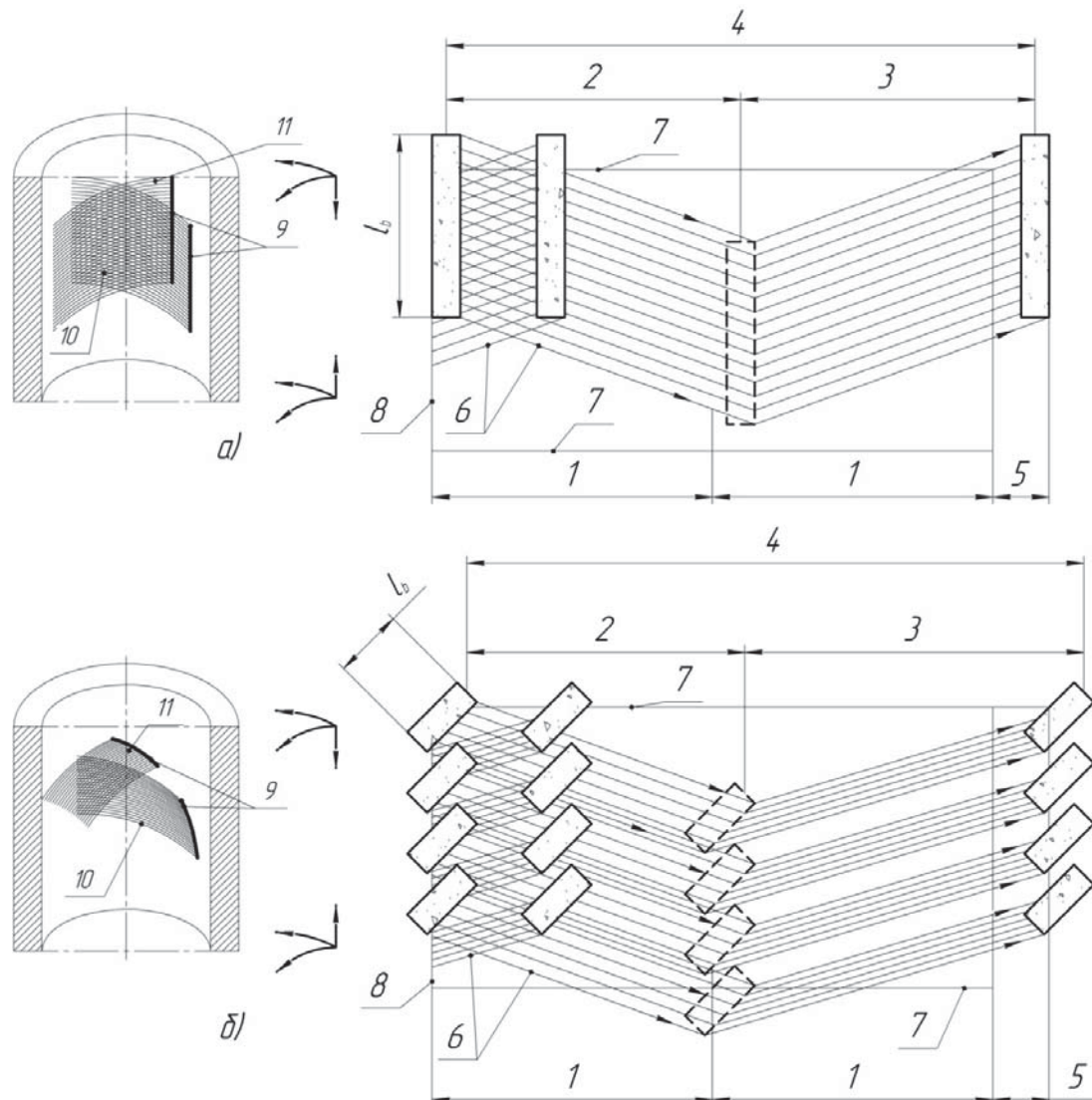
На рис.4 представлені схеми мікрорельєфів, які утворені при хонінгуванні.

На рис. 4а схема характеризується тим, що траєкторія руху одиничних зерен утворює циліндричну поверхню обмежену чітко виділеними виробними геометричними лініями у вигляді прямої та твірної.

Напрявні інструмента взаємодіють з напрямними оброблюваної поверхні методом копіювання, тому переносять на неї власний знос, який впливає на геометрію оброблюваного отвору.

На рис. 4, б схема характеризується тим, що траєкторія руху одиничного зерна утворює циліндричну поверхню, обмежену виробними лініями у вигляді твірних.

Твірні взаємодіють з оброблюваною поверхнею методом сліду [1], тому їх фактичний знос в меншій мірі впливає на геометрію оброблюваної поверхні.



1 – відстань за один обертальний рух; 2 – відстань пройдена за поступальний рух; 3 – відстань пройдена за зворотній рух; 4 – відстань пройдена за зворотно-поступальний рух; 5 – додатковий шлях повороту головки за час закінчення подвійного ходу; 6 – траєкторія руху окремих зерен; 7 – геометрична виробна лінія у вигляді твірної; 8 – геометрична виробна лінія у вигляді напрямної; 9 – контур брусків; 10 – траєкторія руху одиничного зерна при переміщенні з низу до верху; 11 – траєкторія руху одичного зерна при переміщенні з верху до низу; l_b – довжина бруска

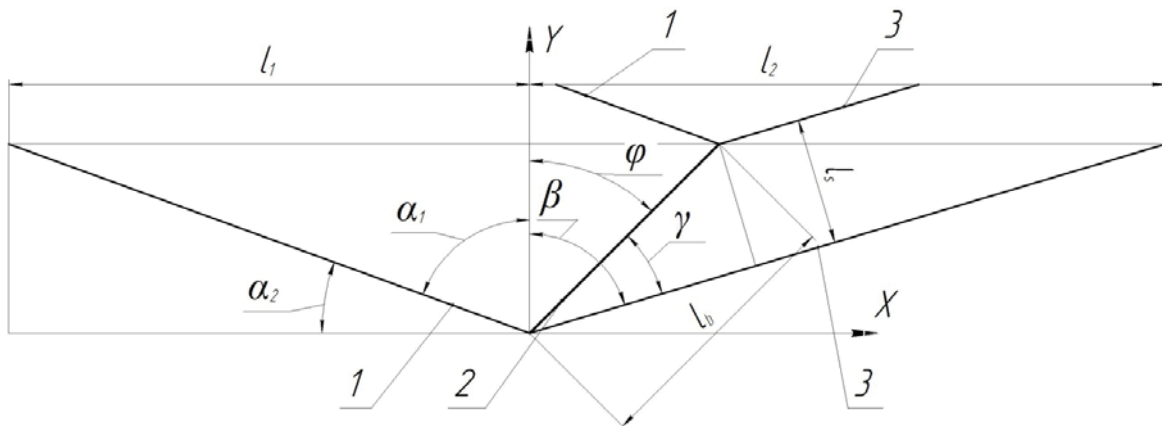
а) розвертка поверхні отвору при обробці хонем традиційної конструкції; б) розвертка поверхні отвору при обробці ПГХ на чорновому проході

Рисунок 4 – Схема утворення мікрорельєфу оброблюваної поверхні

На підставі схеми утворення мікрорельєфу оброблюваної поверхні встановлено, що після традиційного хону (рис.4,а) сітка слідів має більший крок між траєкторіями руху зерна, ніж сітка слідів, яка залишається після ПГХ (рис.4,б). Густина сітки слідів при хонінгуванні традиційним хонем буде характеризуватися кутом схрещення швидкостей обертального та зворотно-поступального руху. А густина сітки слідів при

хонінгуванні ПГХ буде характеризуватися кутом схрещення швидкостей обертального та зворотно-поступального руху, а також кутом розміщення алмазно-абразивного бруска.

Для визначення густини сітки слідів, яка залишається після ПГХ побудуємо розрахункову схему (рис.5).



1 – траєкторія руху зерна при поступальному русі; 2 – алмазно-абразивний брусок; 3 – траєкторія руху зерна при зворотному русі. l_b – довжина бруска (крок сітки слідів при поступальному русі); l_1 – пройдений шлях при поступальному русі; l_2 – пройдений шлях при зворотному русі; l_s – крок сітки слідів при зворотному русі; α_1 – кут нахилу траєкторії зерна відносно вісі Y при поступальному русі; α_2 – кут нахилу зерна відносно вісі X при поступальному русі; β – кут нахилу зерна відносно вісі Y при зворотному русі; φ – кут нахилу алмазно-абразивного бруска; γ – кут нахилу траєкторії зерна відносно алмазно-абразивного бруска при зворотному русі

Рисунок 5 – Розрахункова схема утворення мікрорельєфу оброблюваної поверхні ПГХ

Для підтвердження даного припущення була отримана математична модель, яка визначає крок сітки слідів при зворотному русі ПГХ:

$$l_s = l_b * \sin \left(\frac{l_2 * 180}{\sin \left(90 - 0.5 \arctg \frac{v_p}{v_o} \right) * \pi l_1} - \varphi \right), \quad (3)$$

де l_b – довжина бруска (крок сітки слідів при поступальному русі);

γ – кут нахилу траєкторії зерна відносно алмазно-абразивного бруска при зворотному русі.

l_2 – пройдений шлях при зворотному русі;

l_s – крок сітки слідів при зворотному русі;

v_p – швидкість зворотно-поступального руху;

v_o – швидкість обертального руху;

l_1 – пройдений шлях при поступальному русі;

φ – кут нахилу алмазно-абразивного бруска.

При зміні кута нахилу алмазно-абразивного бруска вдалося збільшити густину утвореного мікрорельєфу і, тим самим підвищити продуктивність обробки та зменшити вплив зносу на геометрію оброблюваного отвору.

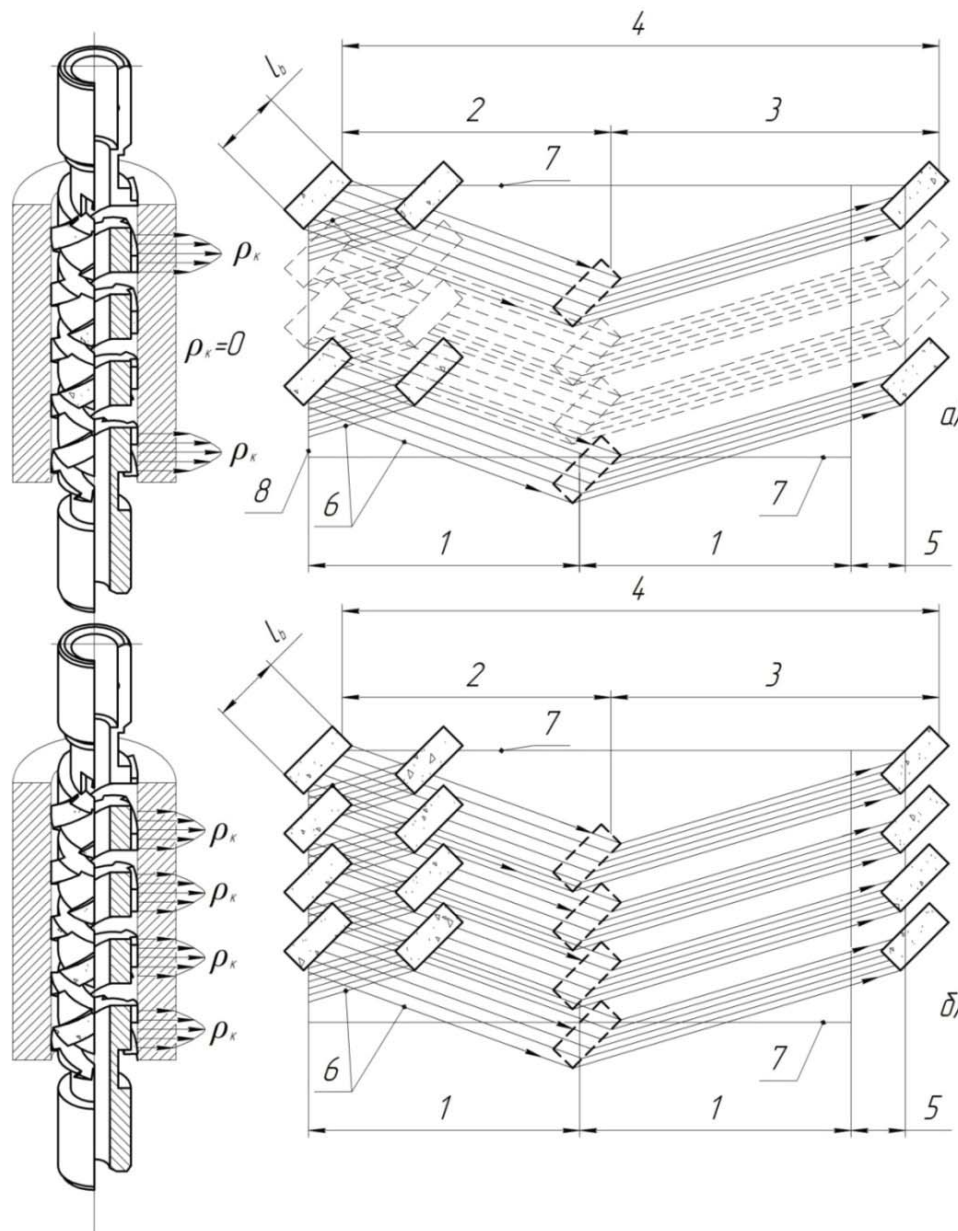
Наступним кроком розглянемо кінематику процесу хонінгування отворів ПГХ при чорновому та чистовому проході (рис. 6).

Утворення макрорельєфу при розміщенні контуру бруска під кутом до напрямної супроводжується переносом частини його похибок в окремих точках напрямної лінії по принципу часткового копіювання.

В обох випадках твірна в якості геометричної виробної лінії взаємодіє з контуром бруска в окремих точках по принципу сліду.

В процесі хонінгування отвору ПГХ в умовах чорнових проходів працюють два бруски.

Утворення макрорельєфу при суміщенні бруска з напрямною в якості геометричної виробної лінії оброблюваного отвору супроводжується переносом похибок контуру бруска, пов'язаних з його зносом в повній мірі за принципом копіювання.



1 – відстань за один обертальний рух; 2 – відстань пройдена за поступальний рух; 3 – відстань пройдена за зворотній рух; 4 – відстань пройдена за зворотно-поступальний рух; 5 – додатковий шлях повороту головки за час закінчення подвійного ходу; 6 – траєкторія руху окремих зерен; 7 – геометрична виробна лінія у вигляді твірної; 8 – геометрична виробна лінія у вигляді напрямної; l_b – довжина бруска; ρ_k – контактний тиск

а) розвертка поверхні отвору при чорновому проході; б) розвертка поверхні отвору чистовому проході

Рисунок 6 – Схема утворення мікрорельєфу оброблюваної поверхні при чорновому та чистовому проході

Висновки. При утворенні мікрорельєфу розміщення контуру бруска під кутом до напрямної оброблюваного отвору дає змогу збільшити густину (сітка слідів) точок перетину, що забезпечує зниження шорсткості оброблюваного отвору.

Оптимальним кутом розміщення алмазно-абразивного бруска є $\varphi=45^\circ$, що дає можливість збільшити густину отриманої сітки слідів в двічі.

Список літератури

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. Изд-8е. / Н.М. Беляев. – М.: Машиностроение, 1953. – 856 с.
2. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. Изд. 2-е доп. и перераб./ А.А. Федотенок. – М.: Машиностроение, 1970. – 407 с.
3. Інструмент для алмазної або абразивної обробки отворів: пат. 101565 С2, Україна: МПК В23 D 77/00, В24В 33/00/ Підгаецький М.М., Щербина К.К. (Україна); заявник і власник Кіровоградський національний технічний університет. – заявл. 19.12.11.; опубл. 10.04.2013, Бюл. №7. – 4 с.
4. Подгаецкий М.М. Особенности обработки прецизионных отверстий упруго-винтовым хонем// М.М. Подгаецкий, К.К. Щербина// Вестник Пермского Национального Исследовательского Политехнического Университета «Машиностроение, материаловедение». –2013. – Т.15 №2. – С. 30-39.

Michael Podgaetski, Kirill Scherbina

Kirovograd National Technical University

Kinematics of cutting holes in honing spiral spring hone

The study of the formation of micro relief and macro relief treated surface with consideration of the trajectory of the diamond abrasive grain placement and angle of diamond abrasive bar.

Considered the interaction of the treated surface with diamond-abrasive bars for traditional designs honing heads, and for the spiral spring hone the results based schemes and models. The scheme of interaction of spiral spring hone at the stage of preliminary and final passages from the work surface The influence of the angle of inclination of diamond abrasive formation macro relief bar on the work piece. The influence of diamond abrasive bar on the formation of precious geometric lines.

Dependences impact angle of inclination of diamond abrasive bar on the density of the grid formed by the track. Effect of transfer of own geometrical deviations honing heads on the work surface.

micro relief, macro relief, the grid formed by the track, precious geometric lines, spiral spring hone, the trajectory of the diamond abrasive grain

Одержано 20.04.15

УДК 621.7.044

Р.Г. Пузырь, доц., канд.техн.наук

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского,

г. Кременчуг (Украина)

Анализ распределения напряжений при радиально-ротационном профилировании ободьев колес

Вопросы определения поля напряжений при формоизменении ободьев колес из стальных заготовок на первом переходе радиально-ротационного профилирования являются актуальными.

© Р.Г. Пузырь, 2015