

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

УДК 621.9

ДОСЛІДЖЕННЯ ШОРСТКОСТІ, ХВИЛЯСТОСТІ ТА КРИВИЗНИ ОТВОРУ ПОВЕРХНІ ГІЛЬЗ ПІСЛЯ ПРОТЯГУВАННЯ

*Будяк Руслан Володимирович асистент
Бандура Валентина Миколаївна к.т.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет*

Budyak R.

Bandura V.

Vinnitsia National Agrarian University

Анотація: спільним недоліком вітчизняних машин сільськогосподарської техніки з гідросистемами є витікання та перетікання робочої рідини при існуючих значеннях тиску до 15 МПа, який, вочевидь, в недалекому майбутньому зростатиме. Одним з показників, які запобігають витіканню робочої рідини та впливають на якість роботи гідроциліндрів є шорсткість, хвилястість та кривизна осі отвору гільзи циліндра

Холодне деформаційне зміцнення сильно впливає на висоту нерівностей оброблюваної поверхні деталі, знижуючи їх до 35 разів. Фізична суть такого впливу в цілому пояснюється полегшенням процесу стружкоутворення. Встановлено, що застосування деформуюче-різального протягування ліквідує хвилястість обробленої поверхні шляхом зміни головних рухів протягування та розклатки на $\pi/2$. Для боротьби з викривленням осі гільзи запропонована вбудова у протяжку корегуючих конструктивних елементів, а також виготовлення деформуючого елемента, працюючих з великим натягом, по формі криволінійного профілю. Останнє дає можливість зменшити негативну дію «пластичного шарніру», що виникає при роботі деформуючого елемента.

Ключові слова: гільза, шорсткість, хвилястість, кривизна, зміцнення.

Вступ

Відомо, що надійність, яка виявляється в процесі роботи, є найважливішою ознакою якості промислової продукції [1,2]. Надійність, в свою чергу, це властивість об'єкту зберігати у часі і в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, зберігання та транспортування.

Виходячи з цього, надійність гідроциліндрів сільськогосподарських машин – плугів оборотних, сівалок, культиваторів, борін, іншої ґрунтообробної техніки, що на сьогодні на 100 % гідрофікована, є важливою складовою машин в цілому. В усіх моделях описаних вище сільськогосподарських машин комплекс технологічних операцій виконується за допомогою гідроприводу. При цьому надзвичайно важливою складовою останнього є маніпуляційні та силові гідроциліндри. Найбільш складними деталями останніх з позиції технологічності є гільзи, оскільки їх отвори належать до класу глибоких і повинні задовольняти наступним вимогам: точність за криволінійністю твірної – 0,1 – 0,15 мм/м, а по діаметру – Н7 – Н9 при шорсткості опорної площі Ra 0,05– 0,15.

Спільним недоліком вітчизняних машин сільськогосподарської техніки з гідросистемами є витікання та перетікання робочої рідини при існуючих значеннях тиску до 15 МПа, який, вочевидь, в недалекому майбутньому зростатиме.

Одним з показників, які запобігають витіканню робочої рідини та впливають на якість роботи гідроциліндрів є шорсткість, хвилястість та кривизна осі отвору гільзи циліндра.

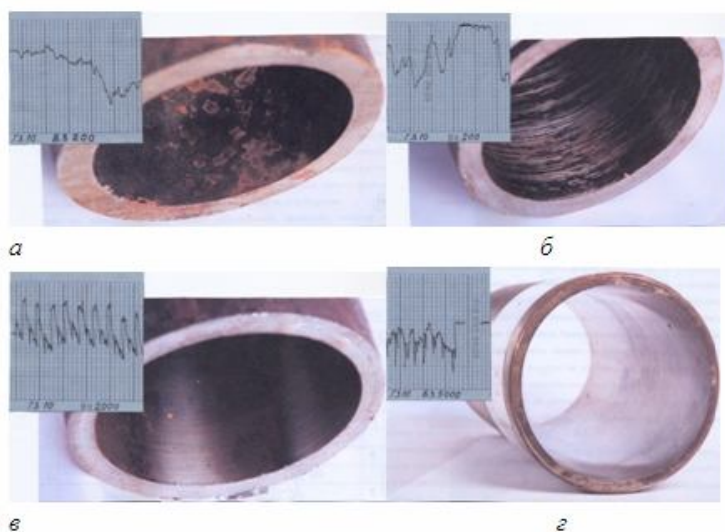
Мета роботи

Основною метою роботи є дослідження шорсткості та хвилястості поверхні при застосуванні комбінованого деформуюче-різального протягування, а також вирівнювання кривизни осі заготовки.

Матеріал і результати досліджень

Шорсткість поверхні, як геометрична властивість останньої, розглядалась нами з двох аспектів: власне шорсткості та хвилястості. Шорсткість та хвилястість обробленої поверхні вимірювалась за допомогою сертифікованих профілографів-профілометрів «Talisurf-5» та ВЭИ «Калибр» (КП «Форт»). Кривизна осі (відхилення від циліндру) отвору гільзи вимірювались за допомогою відомого методу «прохід-непрохід» з використанням кількох калібрів, частина з яких мала зовнішній діаметр, що знаходився у полі допуску отвору, а частина – поза ним, в менший бік.

Для більш точного опису процесу подано зразки трубної заготовки разом з профілограмою поверхні отвору. Це труба із сталі 35, що використовується у серійному заводському технологічному процесі на ПАТ "АТЕКО" Турбівський машинобудівний завод(рис. 1а).



**Рис. 1. Стан та профілограми поверхні заготовки гільзи:
а – в стані поставки; б – після чорнового розточування; в – після чистового розточування; з – після розкочування**

Чорнове розточування, яке застосовується в цьому процесі, дозволяє позбутися усіх початкових дефектів поверхні отвору трубної заготовки (некруглість, неспіввісність, раковин, поверхневого шару з частково втраченим вуглецем, відшарувань, окалини).

Проте, шорсткість поверхні при цьому може навіть дещо збільшуватись, оскільки залежить від подачі на оберт деталі, яка визначає продуктивність обробки. На рисунку 1 б показано фрагмент заготовки і профілограми поверхні після чорнового розточування: $S = 1\text{мм/об}$; $Ra\ 13,5$. Помітні чіткі зриви вершин мікронерівностей, які викликані наростом при чорновому розточуванні сталі 35 у стані поставки заготовки

(гарячекатаної труби). Оскільки такий стан поверхні ще не придатний для фінішної обробки холодним пластичним деформуванням, у серійному технологічному процесі закладено операцію чистового розточування з подачею $S = 0,6$ мм/об (рис. 1 в), яка надає поверхні отвору характеристики: $Ra_{2,39}$; $\varnothing 80H7$. Повністю тут відсутні зриви вершин мікронерівностей. Ця операція є передостанньою, а фінішною – є розточування деталей роликівим інструментом (рис.1г): $Ra_{0,564}$ (при вимогах креслення $Ra_{0,16}$; $\varnothing 80H8$; спостерігається значна хвилястість поверхні.

Фізична суть дії холодного деформаційного зміцнення на шорсткість оброблювальної поверхні полягає в тому, що зменшення кута дії викликає поворот вектора сили стружкоутворення і збільшення кута зсуву. Це викликає зменшення деформації оброблювального матеріалу, полегшення процесу стружкоутворення і, крім іншого, зменшення навантаження на оброблювальний матеріал, тобто зменшення висоти нерівностей Rz .

На шорсткість поверхні впливає також відстань між деформуючим елементом і зубом комбінованої протяжки. Знаходячись у максимумі хвилі, що генерується деформуючим елементом, зуб зрізує найбільш тонкий, тобто найбільш зміцнений шар металу. Це характеризується найменшими значеннями Rz . Однак, цей фактор є скоріш теоретичним, оскільки секція зубців, як правило, розміщується за межами хвилі позаконтактної деформації.

Шорсткість оброблювальної поверхні при протягуванні не залежить від кінематики процесу, тобто не має геометричної складової, і визначається лише процесами тертя, адгезії і наростоутворення. Інтенсивність останніх і, як наслідок, шорсткість оброблювальної поверхні можна у 2 – 5 раз зменшити за рахунок холодного деформаційного зміцнення металу, що зрізується. При комбінованому протягуванні шорсткість поверхні гільз із сталей досліджуваного класу можна понизити до 1,5 – 3 мкм за показником Rz . При цьому холодне деформаційне зміцнення дозволяє позбавити поверхню деталі від характерних для протягування «лусочок». Фізична складова шорсткості у цьому випадку формується лише дрібними твердими частинками наросту, що виносяться із зони стружкоутворення. Вони утворюють на поверхні деталі поздовжні риски незначної глибини. На рис. 2 показана поверхня отвору зі сталі 35 після деформуюче-різального протягування (а) та аксонометрична мікротопограма поверхні (б), яка була отримана за описаною методикою з використанням швидкодіючої системи трьохмірного сканування [3].

Хвилястість це, як відомо [4], нестандартний термін, що відрізняється від шорсткості відношенням висоти хвиль або нерівностей до їхнього кроку. Практично це відношення для шорсткості складає до 1:50, а для хвилястості – нижче даного співвідношення.

Для поверхні гільз гідроциліндрів цей фактор має велике значення, оскільки в кінцевому результаті впливає на небажане витікання робочої рідини із системи. У діючих процесах на хвилястість не звертають уваги. Так, у гідроциліндрах $\varnothing 80$ мм, виготовлених на ПАТ «АТЕКО»Турбівський машинобудівний завод Вінницької області, ця характеристика гільзи має крок 15 мм при висоті хвилі 0,009 мм, тобто відношення другої величини до першої складає 0,0006 (1:1670). Це ілюструє рис. 3а, де наведена відповідна профілограма поверхні готової гільзи. Для готової гільзи гідроциліндра Ц100, виготовленого на підприємстві ТОВ «АгроМастерПлюс», м. Мелітополь, ці показники такі: висота хвилі 0,0055 мм при кроці 31 мм, відношення цих параметрів 0,0002 (1:10000). Це видно із рис. 3б. Для труби, яка у готовому вигляді (по поверхні отвору) постачається із Румунії і

використовується для виготовлення окремих партій гідроциліндрів Ц100, хвилястість поверхні подана на рис. 3в. Тут параметри хвилястості такі: висота хвилі – 0,007 мм, довжина – 33 мм, відношення параметрів 0,0002 (1:10000).

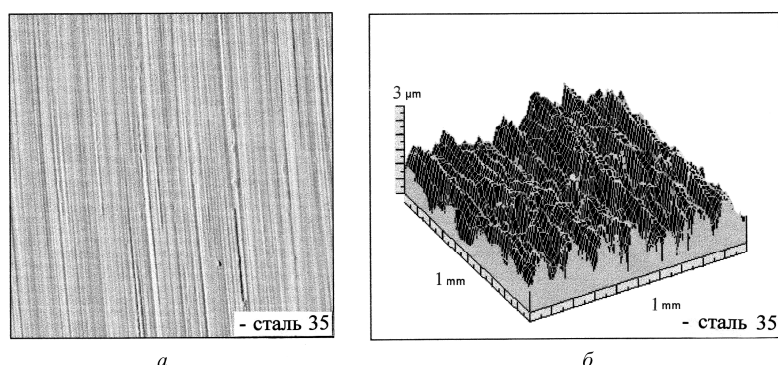


Рис. 2. Поверхня отвору гільзи гідроциліндра із сталі 35 після деформуюче-різального протягування: а – вид у плані ($\times 50$); б – аксонометрична мікротопограма

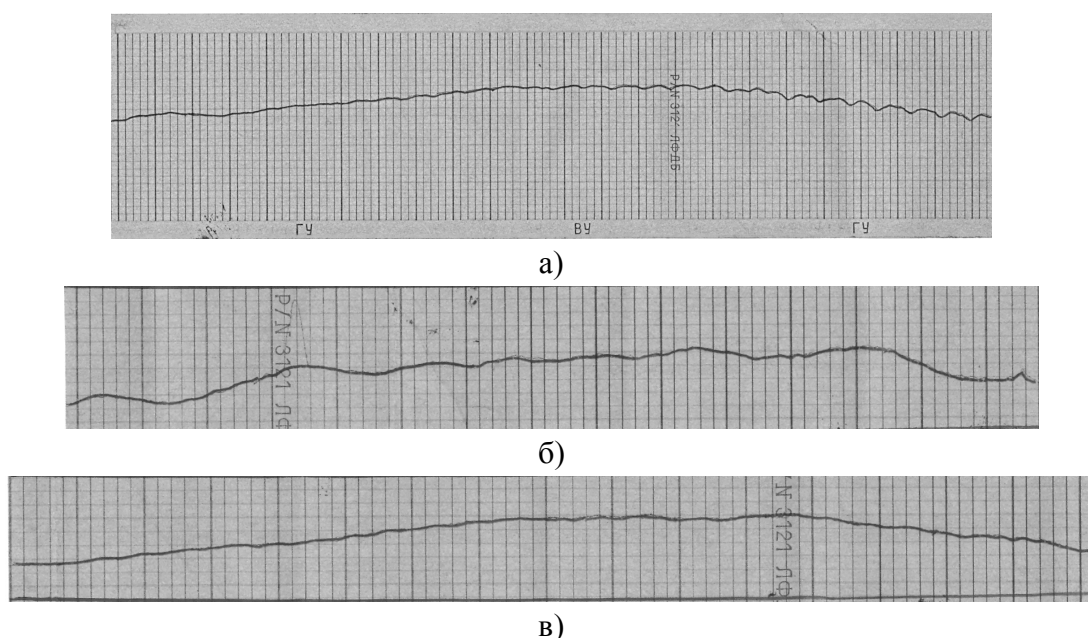


Рис. 3. Приклади хвилястості поверхні готових гільз гідроциліндрів, виготовлених за діючою заводською технологією.

Швидкість датчика приладу 60 мм/хв; швидкість паперового носія 300 мм/хв; вертикальне збільшення ВУ1000; горизонтальне збільшення ГУ5

У всіх випадках хвилястість пояснюється інтерференцією максимумів шорсткості від кількох видів обробки (розточок та розкатки), оскільки напрям головних рухів усіх цих операцій співпадає.

Досліди показали, що застосування комбінованої деформуюче-різальної обробки ліквідує хвилястість обробленої поверхні шляхом зміни головних рухів протягування та розкатки на 90° .

Ще одним геометричним параметром обробленої поверхні гільз гідроциліндрів є точність. Причому, мова йтиме не про відхилення від круглості отвору, яка формується інструментом (калібрувальними зубцями протяжки і розкаткою) і на сучасному рівні

точності заточного обладнання та заточного інструменту легко досягається в межах 0,005 – 0,01 мм. При обробці отвору гільзи йтиметься про особливий випадок оцінки відхилення форми – відхилення від прямолінійності осі у просторі, і викривлення осі отвору реальної різностінної заготовки, обробленої наскрізним деформуючим протягуванням. Причиною такого викривлення є різна величина укорочення тоншої та товщої стінки заготовки при цьому процесі, а також наявність рухомого «пластичного шарніру» і хвилі позаконтактної деформації, що супроводжують деформуючий елемент традиційної конічної форми.

Для боротьби з викривленням осі нами розвинута висунута раніше концепція правки деталі з боку інструменту шляхом вбудови в нього корегуючих конструктивних елементів, а також виготовлення деформуючих елементів, працюючих з великими натягами, по формі криволінійного профілю. Останнє дає можливість зменшити негативну дію хвилі позаконтактної деформації, оскільки поверхня деталі в зоні пластичного шарніру лягає на поверхню деформуючого елемента. Виробничі випробування комбінованого інструменту показали, що викривлення осі гільзи не перевищує 0,2 мм на погонний метр деталі, що задовольняє вимогам креслення.

Жорсткість – це, як відомо, опір пружному деформуванню розтягом [5]. Отже, оскільки комбіноване протягування отвору гільзи дозволяє підняти межу текучості серцевини останньої на 10 – 15% при реальних сумарних деформаціях наскрізного деформуючого протягування (НДП) $\Sigma e = 3 - 6\%$, це дає відповідне підвищення жорсткості гільзи гідроциліндра. Таким чином, за рахунок використання деформуюче-різального протягування можна підняти тиск робочої рідини в гідроциліндрі на 10 – 15 %.

Установлено, що при сумарній деформації НДП 6% межа текучості σ_T матеріалу серцевини гільзи зростає відповідно: сталь 10 – з 230 до 265 МПа (на 15,2%); сталь 10ГН – з 360 до 410 МПа (на 13,9%); сталь 20Г – з 280 до 320 МПа (на 14,3%); сталь 35 – з 330 до 375 МПа (на 13,6%).

Висновок

Холодне деформаційне зміцнення сильно впливає на висоту нерівностей оброблювальної поверхні деталі, знижуючи їх до 35 разів. Фізична суть такого впливу в цілому пояснюється полегшенням процесу стружкоутворення. Встановлено, що застосування деформуюче-різального протягування ліквідує хвилястість обробленої поверхні шляхом зміни головних рухів протягування та розклатки на $\pi/2$. Для боротьби з викривленням осі гільзи запропонована вбудова у протяжку корегуючих конструктивних елементів, а також виготовлення деформуючого елемента, працюючих з великим натягом, по формі криволінійного профілю. Останнє дає можливість зменшити негативну дію «пластичного шарніру», що виникає при роботі деформуючого елемента. В результаті цих заходів досягнуто викривлення осі гільзи, яке не перевищувало 0,2 мм на погонний метр деталі. Застосуванням деформуюче-різального протягування можна підвищити тиск робочої рідини в гідроциліндрах на 10 – 15% за рахунок збільшення жорсткості серцевини гільзи.

Список літератури

1. *Надійність сільськогосподарської техніки: підручник / С. Г. Гранкін, В. С. Малахов, М. І. Черновол, В. Ю. Черкун; за ред. В. Ю. Черкуна. – К.: Урожай, 1998. – 208 с.*
2. *Надійність сільськогосподарської техніки: підручник / М. І. Черновол, [та ін.]; заг.ред. М. І. Черновола; [2-е видан.]. – Кіровоград: КОД, 2010. – 320 с.*

3. Середя Л. П. Основи розробки ресурсозберігаючого процесу та комбінованого інструменту для отримання якісних поверхонь глибоких отворів гільз гідроциліндрів / Л. П. Середя, Р. В. Будяк // Промислова гідраліка і пневматика. – 2010. – №4. – С. 84–88.
4. Справочник машиностроителя: в 6 т. / Д. М. Берман [и др.]; под ред. Э. А. Сател. – М.: Машиностроение, 1964. – Т. 5, кн. II. – 920 с.
5. Корнілов О. А. Опір матеріалів: підруч. для техн. вишів / О. А. Корнілов. – К.: Логос, 2003. – 552 с.

References

1. Nadiynist silskohospodarskoyi tekhniki : pidruchnyk / S. H. Hrankin , V. S. Malakhov , M. I . Chornovil , V. YU. Cherkun ; za red. V. YU. Cherkuna . - K. : Urozhay , 1998 . - 208 s.
2. Nadiynist silskohospodarskoyi tekhniki : pidruchnyk / M. I . Chornovil , [ta in.] ; zah.red . M. I . Chornovola; [2 - e vydan .] . - Kirovohrad : KOD , 2010 . - 320 s.
3. Sereda L. P. Osnovy rozrobky resursozberihayuchoho protsesa ta kombinovanoho instrumentu dlya Otrymannya yakisnikh poverkhon Hlyboka otvoriv hilz hidrosilindriv / L. P. Sereda, R. V. Budyak // Promyslova hidravlika y pnevmatyka . - 2010 . - № 4 . - S. 84-88 .
4. Spravochnik mashinostroyeniya : v 6 t. / D. M. Berman [i dr.] ; pod red . E. . A. SateI' . - M. : Mashinostroyeniye , 1964. - T. 5 , kn . II . - 920 s .
5. Kornilov O. A. Opir materialiv : pidruch . dlya tekhn. vyshiv / O. A. Kornilov . - K. : Lohos , 2003 . - 552 s.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ, ВОЛНИСТОСТИ И КРИВИЗНЫ ОТВЕРСТИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГИЛЬЗ ПОСЛЕ ПРОТЯГИВАНИЯ

Аннотация: общим недостатком отечественных машин сельскохозяйственной техники с гидросистемами есть вытекание и перетекание рабочей жидкости при существующих значениях давления до 15 МПа, которое, неизбежно, в недалеком будущем возрастёт. Одними из показателей, которые предохраняют вытекание рабочей жидкости и влияют на качество работы гидроцилиндров являются шероховатость, волнистость и кривизна оси отверстия гильзы цилиндра.

Холодное деформационное упрочнение сильно влияет на высоту неровностей обрабатываемой поверхности детали, снижая их до 35 раз. Физическая сущность такого влияния в целом объясняется облегчением процесса стружкообразования. Установлено, что использование деформирующе-режущего протягивания ликвидирует волнистость обрабатываемой поверхности путем изменения главных движения протягивания и раскатки на $\pi/2$. Для борьбы с искривлением оси гильзы предложено встраивать в протяжку корректирующие элементы, а также деформирующего элемента, работающих с большим натяжением, по форме криволинейного профиля. Последнее дает возможность уменьшить негативное воздействие «пластичного шарнира», которое возникает при работе деформирующего элемента.

Ключевые слова: гильза, шероховатость, волнистость, кривизна, упрочнение.

STUDY ROUGHNESS WAVY AND CURVATURE HOLES AFTER PULLING THE SLEEVE

Summary: the general disadvantage of our national agricultural machines with hydro-systems is a profluvium and crossflow of working liquid at the existent values of pressure to 15 MPa, that, obviously, will grow in the near future. One of the indexes, which prevent the profluvium of working liquid and influence the quality of hydrocylinders' functioning there is roughness, waviness and curvature of axis' aperture of cylinder's collet.

The cold deformation strengthening strongly influences the height of inequalities of details' processing surface, reducing them to 35 times. Physical essence of such influence on the whole is explained by the facilitation of scob creating process. We have defined that application deforming-cutting trailing will liquidate the waviness of a treat surface by the change of main motions of trailing and conveying on $\pi/2$.

For a fight against curvature of axis' collet, a special built-in-constituent there are offered in a mechanism of structural correcting elements, and producing of deforming elements, working with a large pull, on the form of curvilinear profile. The last gives an opportunity to decrease a negative action "a plastic hinge" that arises up during a deforming element work.

Keywords: collet, roughness, waviness, curvature, strengthening.