

Про формування поздовжніх пазів

на внутрішній поверхні
трубчастих заготовок
холодним пластичним
деформуванням



Автори статті:

Шейкін С. Є., д-р техн. наук,

Студенець С. Ф., канд. техн. наук, Інститут надтвердих матеріалів
ім. В. М. Бакуля НАН України

У сучасному машинобудуванні існує клас деталей типу втулок, функціональне призначення яких вимагає формування на їхній внутрішній поверхні поздовжніх пазів (рис. 1). Розміри деталей такого типу можуть коливатися в широкому діапазоні. Залежно від функціонального призначення для їх виготовлення можуть використовуватися різні марки сталей і кольорових металів.

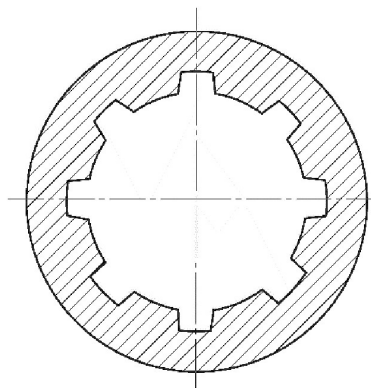


Рис. 1. Приклад перерізу трубчастого виробу з пазами

Існуючі сьогодні технологічні процеси формування пазів на внутрішній поверхні виробів такого типу можуть містити операції обробки електрохімічними методами, різанням (шпалерне стругання, ріжуче протягування) та пластичним деформуванням (гаряче та холодне радіальне кування, деформуюче протягування, редукування на фасонній оправці).

До недоліків електрохімічних процесів слід віднести порівняно низьку точність обробки та необхідність надійного антикорозійного захисту елементів електрохімічних верстатів. Крім того, всі електрохімічні процеси відрізняються високою енергоємністю порівняно з обробкою різанням.

Формування пазів у довгих деталях різанням за схемою шпалерного стругання є досить трудомістким. Найбільш продуктивною схемою обробки різанням у даному випадку може бути різальне протягування. Але в разі обробки довгомірних деталей габарити та вага різальних протяжок будуть значними, а стійкість — обмеженою.

Методи радіального кування (холодного та гарячого) дозволяють суттєво зменшити відходи оброблюваного матеріалу в стружку порівняно з різанням, а також забезпечити достатньо високу продуктивність. Однак вони потребують технологічного обладнання високої вартості та значної виробничої площі [Sheykin S. Ye., Melnichenko V. V., Studenets S. F., Rostotskiy I. Yu., Iefrosinin D. V., Melnichenko Ya. V. On the Contact Interaction between Hard-Alloy Deforming Broaches and a Workpiece during the Shaping of Grooves in the Holes of Tubular Products. *Journal of Superhard Materials*. 2021. Vol. 43. Is. 3. P. 222–230].

На наш погляд, використання методів холодного пластичного деформування, а саме, деформуючого протягування (ДП) і редукування на фасонній оправці, для формування отворів фасонного профілю є дуже перспективним. Вони не потребують спеціального коштовного обладнання, а можуть бути реалізовані на серійному з використанням нескладного оснащення, і дозволяють звести до мінімуму відходи матеріалу у стружку. При цьому точність обробки та шорсткість обробленої поверхні забезпечуються інструментом, а деформаційне зміцнення оброблюваного матеріалу підвищує експлуатаційний ресурс готового виробу.

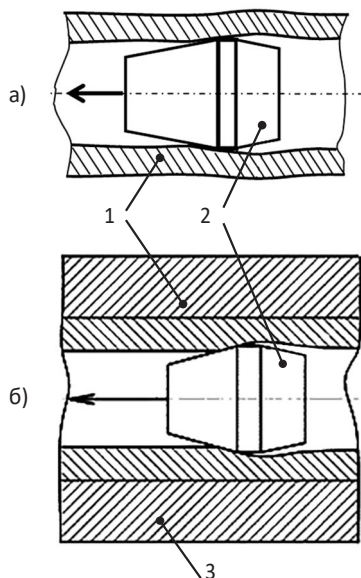
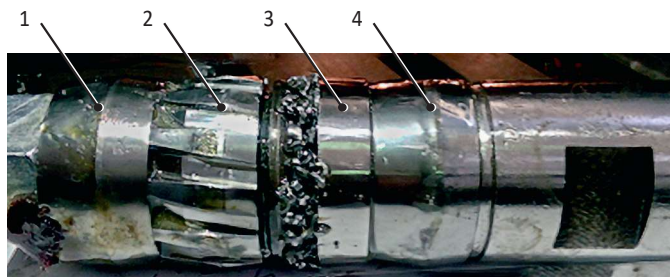


Рис. 2. Схеми ДП:
а) без обмеження радіальної деформації зовнішньої поверхні;
б) з обмеженням, у жорсткій обоймі:
1 – заготовка;
2 – інструмент;
3 – жорстка обойма

При реалізації технологічної схеми ДП інструмент у вигляді усіченого конуса пропускають через отвір заготовки. При цьому діаметр інструменту більше, ніж діаметр отвору. На рис. 2а наведено схему ДП без обмеження радіальної деформації заготовки, на рис. 2б — з обмеженням жорсткою обоймою. ДП може виконуватися на серійних протяжних верстатах, які забезпечують високу продуктивність обробки. Залежно від технологічних умов ДП контактний тиск у зоні взаємодії інструменту та оброблюваного виробу може сягати 9 ГПа оброблюваного металу [Sheykin S. Ye., Melnichenko V. V., Studenets S. F., Rostotskiy I. Yu., Iefrosinin D. V., Melnichenko Ya. V. On the Contact Interaction between Hard-Alloy Deforming Broaches and a Workpiece during the Shaping of Grooves in the Holes of Tubular Products. *Journal of Superhard Materials*. 2021. Vol. 43. Is. 3. P. 222–230]. За цих умов можливо отримати шорсткість обробленої поверхні Ra 0,05–0,2 і точність отвору, що відповідає 6–7 квалітету [Розенберг А. М., Розенберг О. А. Обработка отверстий твердосплавными выглаживающими протяжками. Киев: Техника, 1966. 62 с.].

Для формоутворення отворів з пазами використовують деформуючі протяжки з фасонними робочими елементами з твердого сплаву, переріз яких є дзеркальним по відношенню до перерізу отвору. Використання декількох деформуючих елементів (ДЕ) в одному інструменті дозволяє розподілити між ними деформацію та, таким чином, пом'якшити умови контактної взаємодії. За необхідності на інструмент можливо додатково встановлювати також різальні елементи (РЕ). Наприклад, при формуванні точного профілю отвору \varnothing 40 мм з пазами з кутом нахилу 8° у деталі зі сталі 38Х2 МЮА (HRC 30) використовували таку схему (рис. 3): перший круглий ДЕ попередньо калібрує отвір; другий фасонний ДЕ формує паз; третій круглий РЕ видаляє напливи на циліндричній поверхні між пазами після їх формоутворення; четвертий круглий ДЕ здійснює остаточне калібрування циліндричної поверхні.

Рис. 3. Робоча частина деформуючо-ріжучої протяжки:
1, 2, 4 – деформуючі елементи; 3 – ріжучий елемент



На рис. 4 наведено фото внутрішньої поверхні деталі з пазами після обробки протягуванням у жорсткій обоймі за описаною схемою. При цьому забезпечуються висока точність і низькі значення шорсткості: коливання розміру по западинах — 0,02 мм, по виступах — 0,01 мм, шорсткість обробленої поверхні Ra 0,12–0,15.



Рис. 4. Внутрішня поверхня заготовки після протягування

При обробці деталей великого діаметра для формування пазів зазвичай використовують збірні фасонні ДЕ, корпус яких виготовляють зі сталі, а формоутворюючі робочі елементи — з твердого сплаву. На рис. 5 наведено фото інструменту, який використовувався при формоутворенні поздовжніх пазів трикутного профілю в трубній заготовці \varnothing 168 x 16 зі сталі 20 (HB 130).

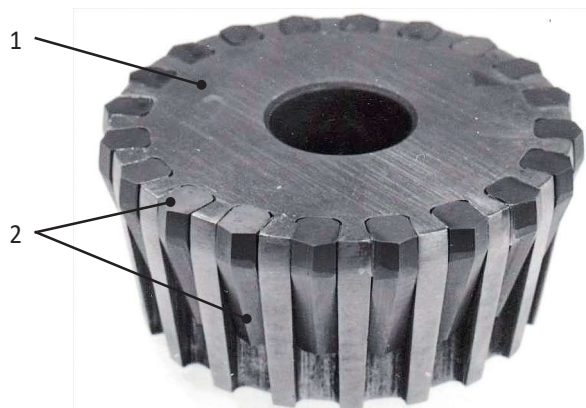
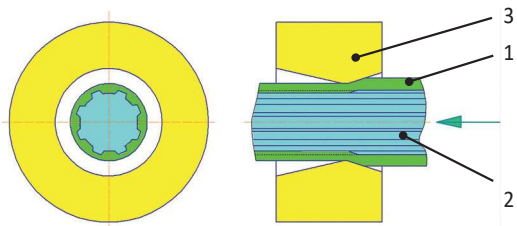


Рис. 5. Збірний деформуючий елемент протяжки:
1 – сталевий корпус; 2 – твердосплавні вставки



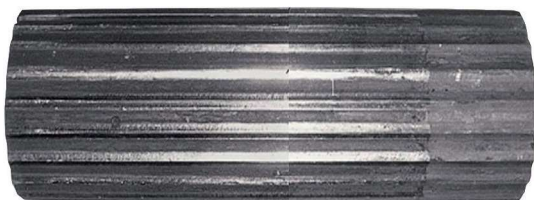
При редукуванні (рис. 6) заготовку (1) з мінімальним зазором одягають на фасонну оправку (2), профіль перерізу якої є дзеркальним профілю перерізу готової деталі. Далі проводять обробку волокою (3), діаметр отвору якої менше зовнішнього діаметра заготовки.

❖ Рис. 6. Схема редукування на фасонній оправці



При контактній взаємодії з інструментом зазор вибирається, і оброблюваний матеріал заповнює западини оправки. У результаті формується заданий профіль перерізу. За необхідності, формування профілю здійснюється за декілька проходів. Практика показала, що редукуванням на фасонній оправці можна отримати точність, що відповідає 6–7 квалітету, та шорсткість оброблюваної поверхні Ra 1,6 [Розенберг О. А., Крицкий А. Д., Мельниченко В. В., Студенец С. Ф. Технология восстановления карданных валов дизель-поездов на основе метода холодного пластического деформирования. *Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. Серія «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація»*. 2003. Вип. 12. С. 63–68].

На рис. 7 наведено фото фасонної оправки, яку використовували при формоутворенні трикутних пазів у трубній заготовці $\varnothing 168 \times 16$ зі сталі 20 (HV 130). Оправка виготовлена зі сталі X12 МФ (HRC 58–60).



❖ Рис. 7. Фасонна оправка для формоутворення трикутних пазів у трубчастій заготовці $\varnothing 168 \times 16$

Для редукування деталей значного діаметра використовують збірні волоки, які складаються з робочої частини, що здійснює деформування заготовки, та обойми. Робочу частину виготовляють із твердого сплаву або з іншого зносостійкого матеріалу, обойму — з конструкційної сталі. Робочу частину в обойму запресовують з натягом, який визначається розрахунком інструменту на міцність.

Фото волоки, яку використовували для редукування трубчастих заготовок $\varnothing 168 \times 16$ зі сталі 20, наведено на рис. 8.



❖ Рис. 8. Збірна волока для редукування заготовки $\varnothing 168 \times 16$

Кожна схема має свої особливості. ДП дозволяє отримати меншу шорсткість обробленої поверхні, ніж редукування. Пояснюється це тим, що при ДП нормальні та дотичні напруження в контактній зоні інструменту із заготовкою більші, ніж при редукуванні.

З урахуванням конструктивних особливостей готової деталі підбором технологічних режимів ДП можна локалізувати пластичну деформацію в безпосередній близькості від оброблюваної поверхні та звести до мінімуму пластичну деформацію всього об'єму заготовки.

При редукуванні на фасонній оправці пластично деформується та зміцнюється весь об'єм металу заготовки. Агрегатна твердість трубчастої деталі $\varnothing 168 \times 16$ зі сталі 20 після формоутворення поздовжніх пазів трикутного профілю редукуванням підвищується до HV 170, твердість тіла деталі після формування пазів ДП не змінюється (HV 130). Відповідно, об'ємне деформування потребує більших енергозатрат, ніж локальне.



На рис. 9а, 9б наведено фото мікроструктури деформованої зони металу біля вершини паза після ДП (а) та після редукування (б) (х 80).

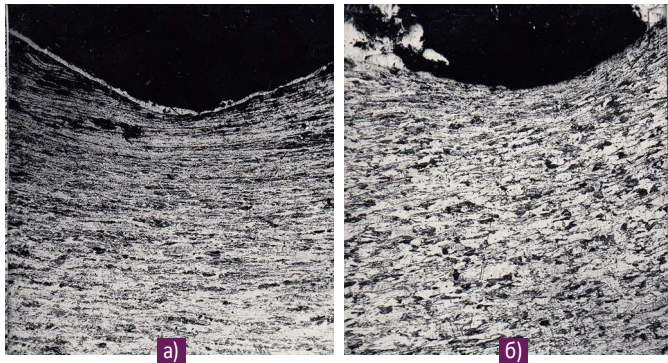


Рис. 9. Мікроструктура деформованої зони металу біля вершини паза: а) після ДП (х 80); б) після редукування

Видно, що при обробці обома методами в результаті інтенсивної пластичної деформації утворюється сильно текстурований приповерхневий шар. Зі збільшенням глибини ступінь текстурованості зменшується. Аналіз мікроструктури приповерхневого шару дозволяє зробити висновок, що після ДП метал більше деформований, ніж після редукування.

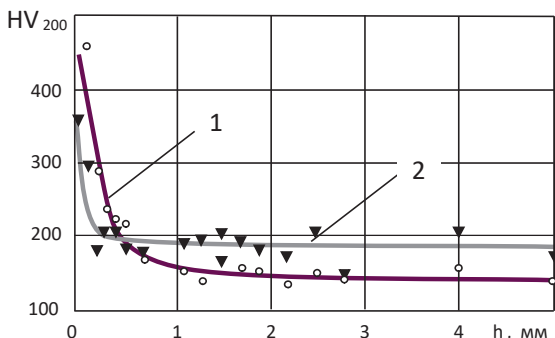


Рис. 10. Розподіл мікротвердості в зоні деформації біля вершини пазу: 1 – ДП фасонним інструментом; 2 – редукування на фасонній оправці

Це підтверджують також мікродюриметричні дослідження. На рис. 10 наведено розподіл мікротвердості в зоні деформації біля вершини пазу при ДП фасонним інструментом і редукуванням на фасонній оправці. Очевидно, що при ДП формується приповерхневий шар більшої твердості, ніж при редуванні на фасонній оправці.

Обидві технологічні схеми варіюванням технологічними режимами дозволяють впливати на механічні властивості оброблюваного матеріалу в зонах пластичного деформування.

ВИСНОВКИ

Технологічні схеми деформуючого протягування та редукування на фасонній оправці забезпечують високу точність (6–7 квалітет) формоутворення поздовжніх пазів на внутрішній поверхні трубчастих виробів та низькі значення шорсткості обробленої поверхні.

Вибір технологічної схеми формоутворення поздовжніх пазів необхідно проводити з урахуванням технічних вимог до готового виробу та особливостей кожної схеми. ☞



АТА АБРАЗИВ



Шліфувальні головки
ГОСТ 2447-82



Шліфувальні круги
ГОСТ 2424-83



Шліфувальні бруски
ГОСТ 2456-82

ТУ У 23.9 - 37611883 - 001:2016

Правильно підібраний абразивний інструмент – необхідна складова виробничого процесу на підприємствах машинобудування. Інструментальне виробництво, підшипникова промисловість, верстатобудування, автомобільна промисловість і нафтогазове машинобудування, авіабудування та суднобудування, виробництво обладнання для легкої та харчової промисловості – це лише деякі з галузей машинобудування, для яких необхідний якісний абразивний інструмент.

ТОВ «АТА АБРАЗИВ» з 1991 року виробляє шліфувальні головки, круги та бруски в Україні

Шліфувальні головки
від 3 до 40 мм

Шліфувальні круги
від 3 до 150 мм

Шліфувальні бруски
до 200 мм

А також інші види дрібнорозмірних абразивних виробів за кресленнями замовника

Абразивний інструмент з:



Електрокорунд нормальний



Електрокорунд білий



Електрокорунд хромистий



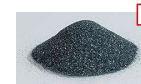
Електрокорунд хромтитанистий



Монокорунд



Сферокорунд



Карбід кремнію чорний



Карбід кремнію зелений

Застосування в технології виробництва абразивних матеріалів від кращих виробників, спеціальних керамічних зв'язок і наповнювачів, контроль на кожному етапі виробництва забезпечують високу стійкість абразивного інструменту, високу точність та відмінну якість обробленої поверхні. Можливе виготовлення інструменту, що має зернистість від F24 до F1000, твердість від M до T, а також імпрегування сіркою та іншими речовинами.