



Автори статті

Посвятенко Е.К.,
Немировський Я.Б.,
Чернявський О.В.,
Національний транспортний університет,
Центральноукраїнський національний
технічний університет, м. Кропивницький

ПРОТЯГУВАННЯ — ВИСОКА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНІ ЗА ОДИН ПРОХІД

Виконане вченими комплексне дослідження протяжного інструменту та процесу протягування доводить універсальність і перспективність обробки ним деталей, доцільність його використання як при виробництві продукції машинобудування, так і в разі ремонту та модернізації устаткування

Протягування — це високопродуктивний метод механічної обробки деталей у серійному та масовому виробництві. Якщо різальне протягування почало застосовуватись на початку ХХ століття, то деформуюче протягування (дорнування) відоме з кінця 50-х років минулого століття. Ці процеси значного відрізняються за фізичною природою, оскільки перші з них є однією з операцій різання, а другі виконуються без зняття стружки з використанням лише пластичного деформування. Проте ці різні за своєю фізичною природою операції мають багато спільного за технічними та технологічними ознаками: використання однакового устаткування й оснащення (протяжних верстатів, пресів та волочильних станів), одних і тих самих швидкостей обробки (1–10 м/хв), середовищ для змащування та охолодження на основі неорганічних та органічних масел тощо. Це дозволило авторам численних наукових статей, винаходів та монографій розглядати процеси протягування в комплексі та, в ряді випадків, поєднувати ці процеси, створивши комбіновані інструменти.

Найважливішою складовою процесу є інструмент «протяжка деформуюча, різальна, комбінована», використання якої в ряді випадків дозволяє отримати поверхню деталі з необхідними службовими властивостями з «чорної» заготовки за один прохід, тобто за 10–60 секунд, що неможливо при використанні інших технологій.

Найважливішою складовою протяжного інструменту є матеріал його робочих елементів (деформуючих і різальних), до якого висуваються жорсткі вимоги. Робоча поверхня протяжного інструмента перебуває під дією силових навантажень і високих температур, а також хімічної взаємодії й адгезійних явищ при контакті з оброблюваним матеріалом. Тому до інструментальних матеріалів висувається ряд вимог. Основні з них такі:

- ♦ висока твердість, що має перевищувати твердість оброблюваного матеріалу в 1,5–2 рази;
- ♦ висока міцність, особливо з позицій міцності на гин і достатній рівень ударної в'язкості та тріщиностійкості;

- ♦ висока теплостійкість, тобто здатність інструментального матеріалу зберігати твердість та міцність при температурах обробки пластичним деформуванням та різанням. Слід відзначити, що протягування є низькошвидкісним процесом, тому теплостійкість тут є другорядною вимогою;

- ♦ висока зносостійкість, тобто достатній опір зношуванню оброблюваним матеріалом;

- ♦ низька фізико-хімічна активність по відношенню до оброблюваного матеріалу;

- ♦ задовільні технологічні властивості, тобто оптимальні умови виготовлення: добра оброблюваність тиском і різальним та абразивним інструментом, сприятлива термічна обробка при гартуванні та відпусканні тощо;

- ♦ інструментальний матеріал повинен бути економічним, тобто вартість інструменту має бути мінімально можливою на одиницю виготовленої продукції.

Нижче розглядаються лише інструментальні матеріали для протяжок, які перевірені в дослідженні та виробництві та перспек-

тивні у використанні: тверді сплави групи ВК і швидкорізальна сталь.

Враховуючи, що міцність і твердість інструментальних матеріалів є антагоністами, слід відмовитись у більшості випадків від використання для виготовлення протяжок з відносно крихких надтвердих матеріалів (на основі алмазів та кубоніту), сучасних марок різальної кераміки, безвольфрамових твердих сплавів та цих матеріалів групи ТК.

Поліпшення зносостійкості інструментального матеріалу можна досягти використанням плівочних покриттів, які, по-перше, «заліковують» мікротріщини поверхні від фінішної механічної обробки, а, по-друге, мають більшу твердість, ніж матеріал основи робочого елемента.

Виготовлення деформуючих кільцеподібних елементів протяжок із металокерамічних твердих сплавів значно розширює технологічні можливості та сфери застосування деформуючого та комбінованого протягування. Твердосплавні деформуючі елементи відрізняються стійкістю, що в сотні разів перевищує стійкість сталейних деформуючих елементів, та значно меншою схильністю до схоплювання з оброблюваним матеріалом.

Досвід ряду підприємств, що використовують деформуюче та комбіноване протягування, показує, що при виготовленні робочих деформуючих елементів слід віддавати перевагу твердим сплавам групи ВК.

У табл. 1 наведено фізико-механічні властивості твердих сплавів, що рекомендуються для виготовлення робочих елементів протяжок за ГОСТ 3882-74 (ISO 513-75).

Як слідує із табл. 1, універсальним комплексом фізико-механічних та експлуатаційних характеристик для роботи елементів деформуючих протяжок відзначається твердий сплав ВК15.

За стандартом ISO 513-2004 деякі марки вітчизняних твердих сплавів мають таку відповідність міжнародній класифікації: ВК6, ВК6 М і ВК6 ОМ — жовтий колір маркування, М05 і М10; ВК6 і ВК8 — червоний колір маркування та відповідно К20 і К30.

Ще одним важливим інструментальним матеріалом виготовлення протяжки є швидкорізальні сталі. Широке використання цих сталей для виготовлення складнопрофільних інструментів, а саме такими є різальні частини протяжок, обумовлено поєднанням високих значень твердості (до HRC68) і теплостійкості (до 550–650 °С) при високому рівні крихкої міцності та в'язкості, що значно перевищують відповідні значення для твердих сплавів. Крім того, швидкорізальні сталі досить технологічні, оскільки добре обробляються тиском і різанням у відпаленому стані.

Оброблюваність при шліфуванні та реточуванні — шліфувальність — важлива технологічна властивість, що визначає умови виготовлення й експлуатації протяжок. За шліфувальністю швидкорізальні сталі порівнюють зі сталлю Р18, яка має найкращий показник за цією ознакою (К = 1).

Нижче, у табл. 2, наводяться хімічний склад і характеристика шліфувальності К швидкорізальних сталей, які рекомендуються як інструментальний матеріал для протяжок.

Слід відзначити, що виробництво сталі Р6 М5 від усього обсягу випуску швидкорізальних сталей в Україні сягає 80%.

Ще одним інструментальним матеріалом для виготовлення робочої частини протяжок є заевтектоїдні вуглецеві леговані сталі зі вмістом вуглецю 0,7–1,3% і сумарним вмістом легуючих елементів від 1 до 3%. Це переважно сталі марок ХВГ і 9ХС, які леговані хромом, вольфрамом, марганцем та кремнієм. Ці сталі мають добрі



технологічні властивості — загартовуваність, прогартовуваність та опір коробленню. Проте їх теплостійкість не перевищує 350–400 °С. У останні роки спостерігається стійка тенденція до зниження їхньої частки в загальному обсязі інструментальних матеріалів для протяжок.

Автори досліджують процеси протягування, починаючи з 70-х років минулого століття. Тому в їх численних публікаціях висвітлено такі питання, що стосуються про-

Таблиця 1. Фізико-механічні властивості твердих сплавів

Твердий сплав	Склад, %		Фізико-механічні характеристики		
	WC	Co	Густина $\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	Границя міцності на згин, МПа, не менше	Твердість, HRA, не менше
ВК6	94	6	14,6–15,0	1519	88,5
ВК6 М	94	6	14,8–15,1	1421	90,0
ВК8	92	8	14,4–14,8	1666	87,5
ВК15	85	15	13,9–14,1	1800	86,0
ВК20	80	20	13,4–13,7	1950	84,0
ВК25	75	25	12,9–13,2	2000	82,0

Таблиця 2. Хімічний склад і шліфувальність швидкорізальних сталей для протяжок

Марка сталі	Масова частка, %						Коефіцієнт шліфувальності, К
	C	W	V	Co	Cr	Mo	
Р18	0,73–0,83	17,0–18,5	1,0–1,4	≤ 0,5	3,8–4,4	≤ 1,0	1
Р6 М5	0,82–0,9	5,5–6,5	1,7–2,1	≤ 0,5	3,8–4,4	4,8–5,3	0,95
Р6 М5 К5	0,92–0,94	5,7–6,7	1,7–2,1	4,7–5,2	3,8–4,3	4,8–5,3	0,80
Р6 М5 Ф3	0,95–1,05	5,7–6,7	2,3–2,7	≤ 0,5	3,8–4,3	4,8–5,3	0,50

тяжкого інструменту: основні та допоміжні матеріали протяжок, види деталей та оброблені матеріали, обладнання, оснащення та опори, схеми протягування, пристрої та методи досліджень, переважно оригінальні методики досліджень, інструмент для протягування в умовах високого тиску в зоні обробки (3–4 ГПа), протяжки для обробки глибоких отворів, у тому числі проблеми боротьби з кривизною, введення в зону обробки додаткової енергії, зокрема механічних коливань, звукових і УЗК; використання зворотного ходу як робочого, особливості конструкції та роботи комбінованих протяжок, охоплюючого протягування (редукування), обробки напівкрихких матеріалів, зокрема чавуну, характерних прикладів промислового застосування, оригінальних конструкцій протяжного інструмента та перспектив його розвитку.

Оригінальний приклад використання протягування для отримання регулярного мікро- та макрорельєфів різного призначення наведено на рис. 1, де надано класифікацію методів утворення технологічних канавок і регулярних рельєфів протягуванням.

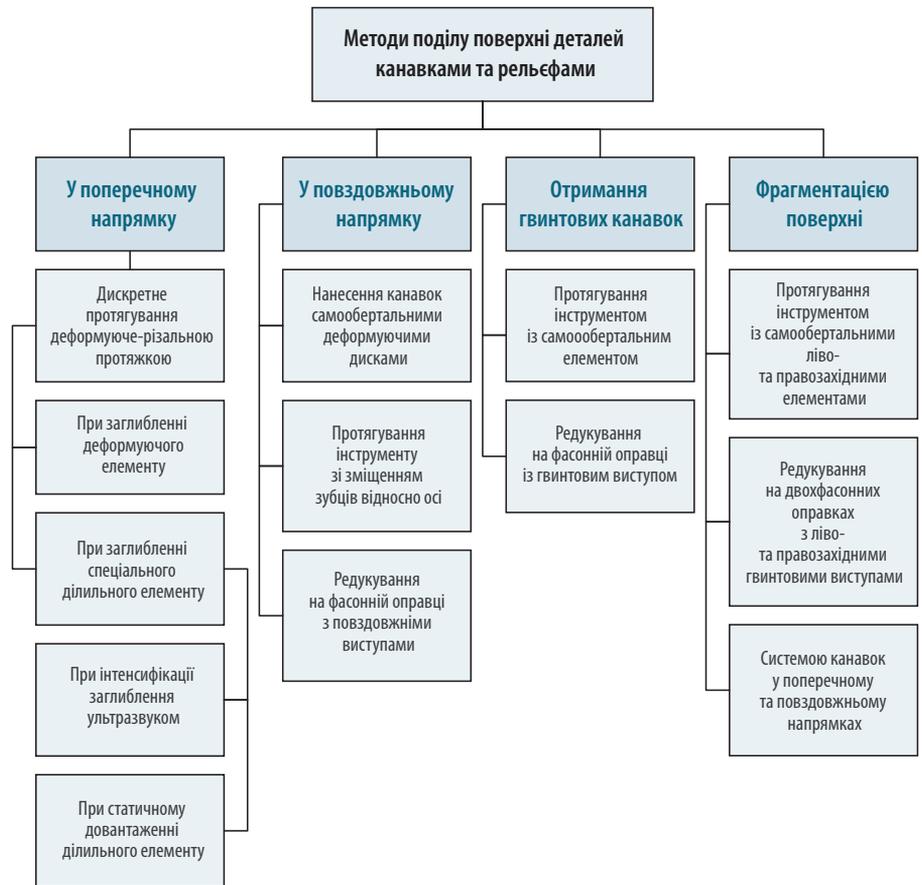
Фрагменти поверхні регулярного мікро- та макрорельєфу (дискретність, глибина та профіль канавок) визначаються наперед. Використовуються два методи отримання канавок: різанням лезовим або абразивним інструментом і заглиблення лінійних інденторів. При цьому передбачено дві функції канавок: технологічна та експлуатаційна.

Технологічна функція регулярних мікро- та макрорельєфів полягає в попередньому примусовому поділі зрізаного припуску канавками у процесах механічної обробки глибоких отворів деталей із пластичних матеріалів (сталі, латуні, алюмінієвих сплавів). Тоді утворюється міцна зливна стійка стружка.

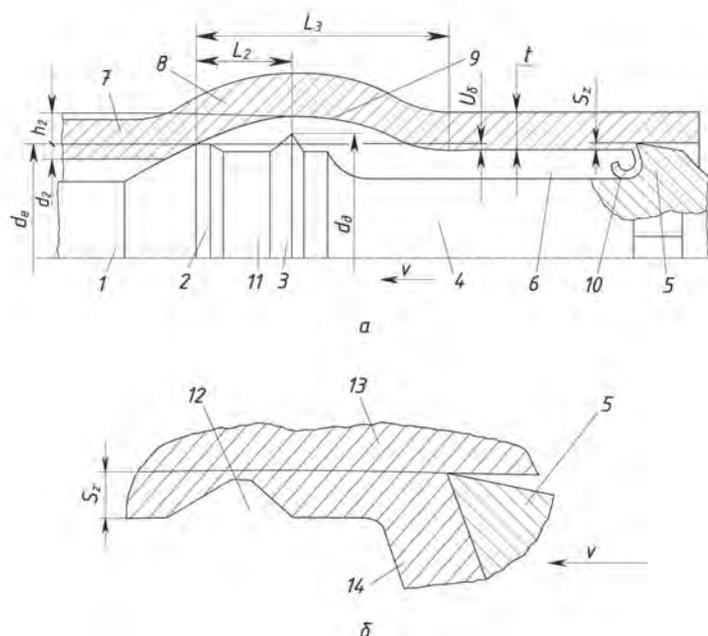
В основу способу отримання кільцевих канавок для поділу стружки покладено таке явище. Після зупинки та подальшого відновлення цього процесу на оброблюваній поверхні, завдяки пружному відновленню отвору, утворюється кільцеподібна канавка. Вона відтворює профіль деформуючого елемента в області верхньої частини. Якщо між деформуючим елементом і зубом комбінованої протяжки розмістити ділильний елемент оптимального профілю, це дасть можливість отримати канавку. При статичному довантаженні ділильного елемента глибина канавки може досягти 0,2 мм.

На рис. 2 подано схему комбінованого протягування з розміщенням на протяжці кільцевого індентора.

Для отримання технологічних канавок підвищеної глибини слід інтенсифікувати процес ультразвуком або застосувати комбіновані протяжки з елементами, що обертаються.



↑ Рис. 1. Методи поділу поверхні деталей канавками та рельєфами



↑ Рис. 2. Схема комбінованого протягування:

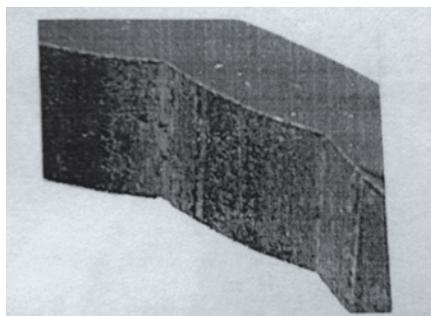
а — інструмент з кільцевим індентором; б — поділ припуску канавкою; 1, 11 — дистанційні втулки; 2 — деформуюче кільце; 3 — ділильний елемент; 4 — різальна частина із зубом 5; 6 — видовжена стружкова канавка; 7 — заготовка оброблюваної трубчастої деталі; 8 — рухома ділильниця осередку деформації; 9 — поверхня позаконтактної зони довжиною L_3 , відстань до максимуму цієї зони — L_2 , висота — h_2 ; 10 — валик стружки; 12 — кільцева стружкоподібна канавка; 13 — деталь; 14 — стружка. Складові процесу та інструмента: v — швидкість і напрям руху інструмента; S_2 — припуск; t — товщина стінки заготовки; $a/2$ — натяг на деформуючий елемент; U_d — пружне відновлення заготовки; d_e і d_d — діаметри відповідно деформуючого кільця та ділильного елемента

Ще одне призначення регулярних рельєфів — експлуатаційне. У цьому випадку рельєфи використовують для виготовлення деталей пар тертя ковзання. Такі пари працюють під тиском робочого тіла: гідро- та пневмоциліндри, амортизатори, стійки кріплення шахт, поршневі та плунжерні пари двигунів внутрішнього згорання, компресорів, насосів тощо. У цьому випадку канавки служать об'ємами для мастил, лабіринтами для ущільнення пар тертя та ін.

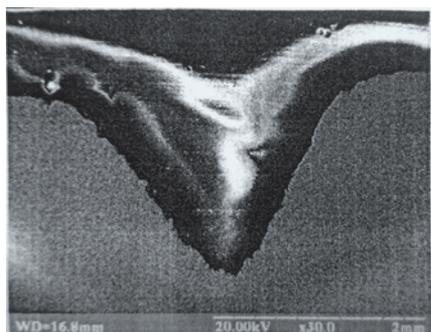
Якщо застосовувати холодне пластичне деформування, то рельєфи на поверхні деталей можна отримати поєднанням деформуючого протягування з розкатуванням кулькою. У цьому випадку інструмент оснащено рельєфним деформуючим елементом, що створює повздовжні канавки, а розкатка кулькою канавки виконується в напрямку подачі (див. рис. 1).

Можливим є одночасне з рельєфоутворенням заповнення лабіринтів твердим мастилом за один прохід інструмента. Регулярні мікрорельєфи можна також формувати деформуючим протягуванням.

Рельєфи експлуатаційного призначення використовуються для виготовлення оболонок вибухових пристроїв, які використовують у виробничій та військовій галузях. Для отримання повздовжніх і гвинтових канавок глибиною до 3 мм, за якими відбувається поділ деталі на частинки при ініціюванні вибухової речовини, запропоновано використовувати редукування. Цей метод полягає у прошовуванні трубною заготовки разом з фасонною оправкою крізь твердосплавну матрицю. Оправка має повздовжні виступи трикутної форми. Таким способом були отримані канавки на внутрішній частині корпусу вибухового пристрою (рис. 3).



← Рис. 3. Фрагмент внутрішньої частини корпусу вибухового пристрою з поздовжніми канавками, отриманими редукуванням



← Рис. 4. Мікрофотографія канавки, отриманої заглибленням трикутного лінійного індентора (сталь Р6 М5, НРС66) у зразок зі сталі 30ХГСА, глибина канавки 2 мм, кут при вершині 60°

Гвинтові канавки для попереднього формування друзок вибухових пристроїв рекомендується отримувати за запропонованим методом протяжним інструментом, який оснащено самообертальними елементами. При повздовжньому русі цього інструмента елементи формують ліву та праву гвинтові канавки, що перетинаються.

Експерименти щодо дослідження методів отримання канавок (рис. 4) глибиною 0,005–5 мм методом холодного пластичного деформування було проведено на гідрофікованих пресах із зусиллям 0,2 МН і 63 МН (моделі Д–2238). Використовувався також горизонтально-протяжний верстат моделі 7 Б56. Інструментом служили трикутні лінійні індентори із швидкорізальної сталі Р6 М5 з кутами при вершині 30–90° і радіусом округлення вершини 0,005 мм. ☞



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 та 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 хромотитаністий



Монокорунд



Сферокорунд



Карбід кремнію чорний



Карбід кремнію зелений

Застосування в технології виробництва абразивних матеріалів від кращих виробників, спеціальних керамічних зв'язок та наповнювачів, контроль на кожному етапі виробництва забезпечують високу стійкість абразивного інструменту, високу точність та відмінну якість обробленої поверхні. Можливо виготовлення інструменту що має зернистість від F24 до F1000, твердість від М до Т, а також імпрегунвання сіркою та іншими речовинами.