

Гожій С.П.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". Україна, м. Київ

## ЗАСАДИ І ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

### Анотація

*Стаття присвячена вирішенню проблем створення і промислового впровадження сучасних ресурсозберігаючих процесів і обладнання. Розглянуті переваги і недоліки процесу на реальних прикладах розроблених технологій та спеціалізованого обладнання. Запропоновані шляхи освоєння виробництва вітчизняного серійного технологічного обладнання.*

*Засади і проблеми використання ресурсозберігаючих технологій обробки металів тиском.*

### Abstract

*The article is devoted to solution the problems of creation and industrial using modern resource saving processes and equipment. Advantages and disadvantages of the process are examined on the real examples of technologies and specialized equipment. Directions for manufacturing the national serial technological equipment are proposed.*

*Basis and problems of using metal forming technologies with saving resource.*

### Вступ

Сучасне машинобудування, приладобудування та інші металообробні виробництва широко використовують і виготовляють деталі з великим співвідношенням розмірів перетину, виробництво яких існуючими методами обробки металів тиском або малоефективно, або неможливо. Відносна кількість таких деталей велика і постійно зростає, що пов'язано з тенденцією зниження матеріалоемності машин та використання нових матеріалів з підвищеними механічними властивостями. Виготовлення цієї групи деталей вимагає або обладнання значного зусилля, або методів, які засновані на значних витратах матеріальних і сировинних ресурсів. Такі підходи неекономічні і вимагають значних капітальних (дороге і різноманітне устаткування) та поточних (підвищені витрати матеріалів, енергоносіїв і інших ресурсів) витрат. А так як більшість традиційних способів обробки металів тиском спрямована на обробку в гарячому стані, то крім економічних витрат (на безпосереднє нагрівання, нагрівальне устаткування й ін.), необхідно враховувати і соціальні проблеми (тяжкі умови праці, забруднення навколишнього середовища, безповоротні відходи).

Існують способи обробки металів тиском, засновані на дії технологічного навантаження на локалізованому осередку. Суть цих методів полягає в тому, що формозміна

в кожен момент часу виконується тільки над часткою об'єму заготовки і при переміщенні осередку деформування охоплює увесь об'єм. Це добре вивчені і широко застосовувані у виробництві операції вільного кування, ротаційного кування, прокатування та ін. (див. рис.1). До порівняно нових, що мають незначний рівень застосування, можна віднести технологічні процеси торцевого розкочування, штампування обкочуванням, розкочування кільцеві і дисків та ін. Загальною відмінною ознакою цих процесів є можливість одержання деталей з великим співвідношенням розмірів перетину, деталей з тонкими стінками й елементами конструкції. Методом торцевого розкочування можливо одержання деталей заготовок дискових фрез діаметром 30...200 мм і товщиною полотна 2...4 мм зі сталі R6M5 [1]. Холодним торцевим розкочуванням можна одержувати деталі складної форми з товщиною елементів 1...3 мм зі сталей ШХ15, 40Х, 12Х18Н10Т та ін [2]. Штампуванням обкочуванням виготовляють фланцеві деталі діаметром до 172 мм і товщиною торцевої частини 9 мм [3].

Проблема незначного рівня виробничого використання пов'язана з тим, що кожний з перелічених технологічних процесів має свій ряд притаманних для нього за формою деталей, при виготовленні яких процес має найвищу ефективність. Також існують проблеми відсутності доступних методик технологічного проектування та технологічного обладнання. Тому ціллю статті є визначення загальних критеріїв ресурсозбереження та технологічних процесів ефективних для конкретних за формою деталей, обґрунтування вибору цих процесів на прикладі розроблених технологічних процесів та обладнання, а також напрацювання шляхів створення промислового обладнання для реалізації ресурсозберігаючих технологічних процесів.

### Особливості процесу

Наведені вище способи виготовлення деталей в умовах локалізованого осередку деформації роблять можливим обробку виробів типу тіл обертання. Особливу групу такого роду заготовок складають осесиметричні деталі з великим співвідношенням розмірів у плані до висоти як суцільні циліндричні, так і кільцеві. Для одержання подібних деталей використовуються способи, у яких формозміна здійснюється інструментом, який обкатується по поверхні заготовки. Основні труднощі при виготовленні таких деталей традиційними способами полягають в різкому зростанні зусилля деформування, в наслідок змикання зон утрудненої течії металу [4].



Рис. 1. Засоби пластичного формоутворення та розтину з локалізованою дією технологічного зусилля

Виготовлення деталей при локальному навантаженні дозволяє досягти пластичного стану в зоні деформації при меншому значенні питомих зусиль і технологічного зусилля. Це дає можливість здійснювати процес на устаткуванні меншого зусилля чи перейти на обробку в холодному стані.

На користь одержання деталей у холодному стані говорить той факт, що загальні витрати при гарячому штампуванні 1,5...2,5 рази перевищують витрати в порівнянні з напівгарячим (теплим) і у 2...3 рази в порівнянні з холодним штампуванням. При гарячому штампуванні середні відходи металу складають 20%, при напівгарячому 6% [5]. При порівнянні чотирьох способів виготовлення: холодним об'ємним штампуванням, напівгарячим, гарячим і механічною обробкою різанням, коефіцієнт використання металу (КВМ) складає 85%; 85%; 75...80%; 40...45%, відповідно. Виготовлення деталей холодним об'ємним штампуванням дозволяє зменшити наступну механічну обробку різанням до мінімуму й одержувати деталі з готовими функціональними поверхнями. Порівнюючи такі переваги холодного штампування як економія металу і заробітної плати, економія допоміжних пристроїв і штампів [5], можна зробити висновок, що навіть в умовах середньо- і дрібносерійного виробництва, холодне об'ємне штампування набуває ефективності.

Одним з наведених методів локального деформування, що має найбільш широкі технологічні можливості при виготовленні деталей з великим співвідношенням розмірів у плані до висоти і високі економічні показники, є штампування обкочуванням.

Загальна схема штампування обкочуванням представлена на рис.2 на прикладі осадки циліндричної заготовки. Деформація заготовки 1 здійснюється між активним інструментом 2, що має конічну робочу поверхню, і нерухомим інструментом 3, що має плоску деформуючу поверхню. Активний інструмент 2 обкочується відносно вершини O. В залежності від рухів осі OR щодо центральної осі OS можливі різні види руху обкочування інструмента 2. Найбільш простим з реалізації рухом, що використовується при виготовленні деталей типу «диск», є

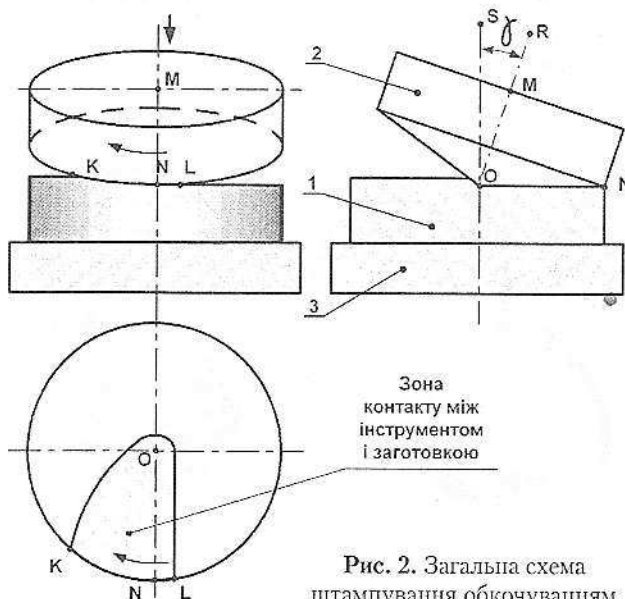


Рис. 2. Загальна схема штампування обкочуванням

круговий обертальний рух інструмента 2 (цей вид відображено на рис.2). При цьому кут нахилу осі інструмента 2 щодо центральної осі OS не змінюється і складає кут  $\gamma$ . Для створення спіралеподібного руху активного інструменту кут  $\gamma$  поступово змінюється в межах від  $0^\circ$  до максимального значення. Для одержання деталей, що мають одну чи більше осей симетрії, застосовують покрокові коливальні рухи активного інструмента в одній із площин. Четвертий тип хитань інструмента – планетарний, використовується для одержання деталей типу зірочок і хрестовин. Деформування заготовки при виконанні таких схем коливального руху активного інструмента відбувається в сполученні з поступальним зближенням інструментів. В цих випадках контакт між заготовкою і інструментом здійснюється не по всій торцевій поверхні деталі, а лише по її частині. Зона пластичної деформації при її переміщенні багаторазово переміщається по всьому об'єму заготовки.

### Переваги і недоліки процесу

Схема навантаження і деформування при штампуванні обкочуванням приводить до ряду позитивних ефектів:

- зниженню зусилля деформування в порівнянні з традиційними методами в 5...30 разів [6];
- зменшенню впливу контактної тертя [7];
- досягненню рівномірності деформації, обумовленої тим, що осередок пластичної деформації при багаторазовому повторенні рівномірно охоплює весь об'єм деталі [8]. Це особливо стосується виробів з великим співвідношенням розмірів діаметра до висоти;
- збільшенню граничного ступеня деформації в порівнянні зі звичайним штампуванням на 10...15% [9], а також можливість виготовлення деталей, які неможливо отримати іншими методами обробки металів тиском через небезпеку руйнування деталі чи інструмента або надмірних напружень деформування. На рис.3 надано зображення мідних деталей потужних напівпровідникових приладів отриманих штампуванням обкочуванням в холодному стані за технологічним процесом і на обладнанні створеним на кафедрі пластичності металів та ресурсозберігаючих процесів Національного технічного університету України

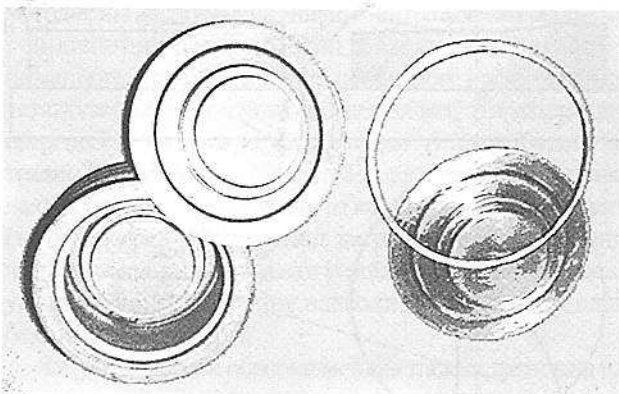


Рис. 3. Деталі потужних напівпровідникових приладів

“Київський політехнічний інститут” (МПІМ та ТП НТУУ “КПІ”). Діаметр фланцевої частини 52 мм, товщина 0,5 мм;

- збільшенню стійкості штампового оснащення за рахунок зниження впливу контактних сил тертя і питомих зусиль на інструменті [10];

- можливість обробки в холодному стані деталей, які виготовляються гарячою і напівгарячою обробкою на устаткуванні такого ж технологічного зусилля;

- можливість виготовлення деталей у холодному стані дозволяє позбутися наступної механообробки різанням. Шорсткість поверхні при холодній обробці відповідає  $R_z$  0,63...1,25, точність зовнішніх розмірів у межах 0,04...0,08 мм. На рис. 4 зображено деталі заготовок мілкомодульних шестерень, які отримані в холодному стані за технологічним процесом розробленим кафедрою МПІМ та ТП НТУУ “КПІ”;

- створенню технологічних процесів і устаткування, що відповідають високим вимогам безпеки і умов праці, тому що процес штампування обкочуванням відрізняється безшумністю, протіканням у холодному стані, можливістю механізації і автоматизації;

- зменшенню розмірів, ваги і вартості обладнання і штампового оснащення. Зниження вартості інструменту обумовлена підвищенням його стійкості і тим, що одна з половин штампа виготовляється з простою (плоскою чи конічною) поверхнею. За даними фірми Bethlehem Steel вартість штампової сталі для штампування обкочуванням на 30...50% нижче вартості високоміцних штампових сталей, які використовують при холодному штампуванні [6];

- можливість отримання при обробці в холодному стані не тільки деталей з попередньо сформованими функціональними поверхнями, але і використання переваг холодного зміцнення, одержання оптимальної передбаченої структури. У зоні локальної деформації йде інтенсивний розвиток дислокаційних процесів, що супроводжуються утворенням і розвитком удосконаленої комірчастої структури [12];

- можливість реалізації штампуванням обкочуванням широкого спектру операцій об'ємного і листового штампування (див. рис.5).

Поряд з перерахованими перевагами штампування обкочуванням має і недоліки:

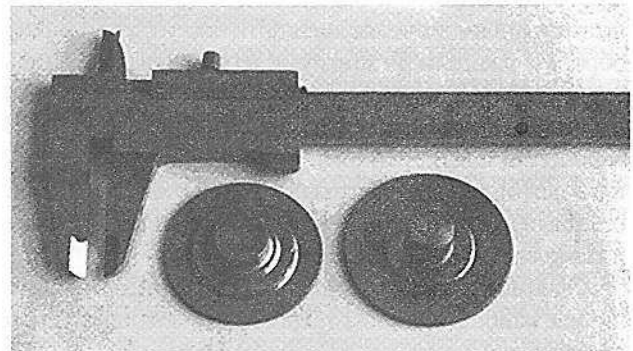


Рис. 4. Деталі заготовок мілкомодульних шестерень

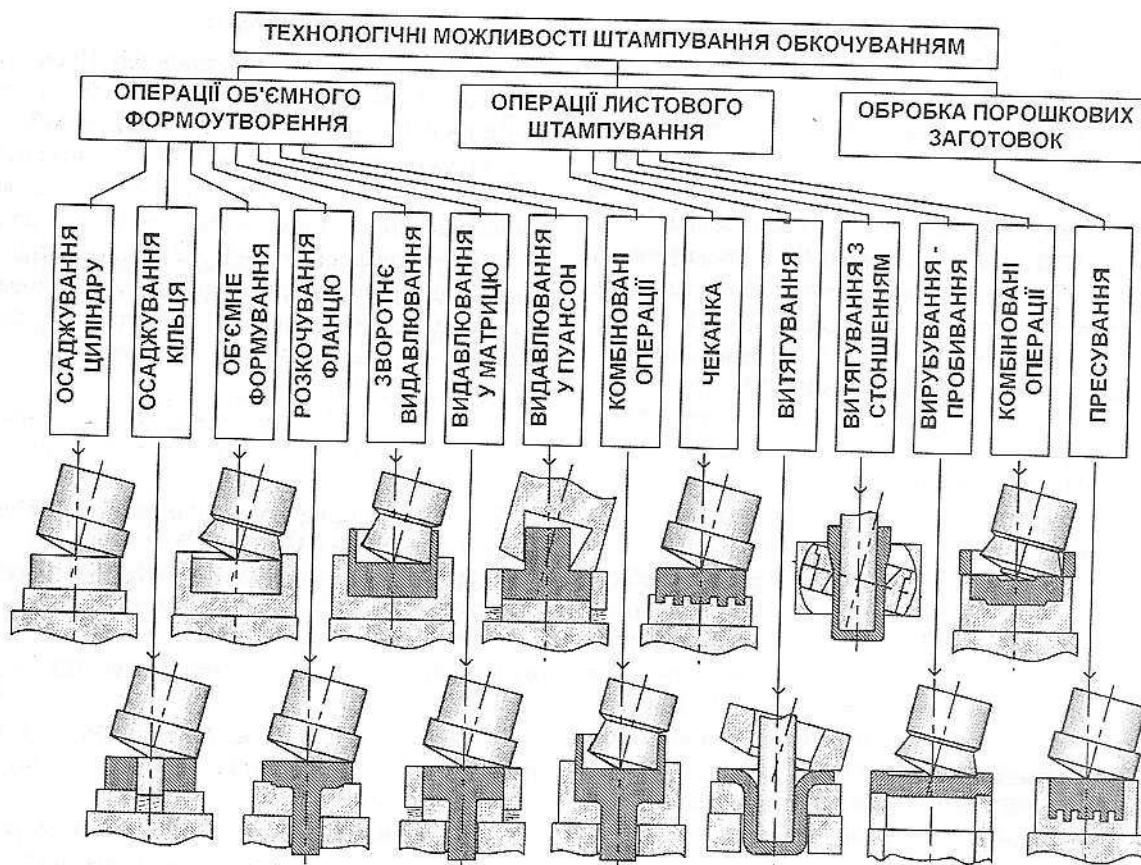


Рис. 5. Технологічні можливості штампування обкочуванням

більш низькою продуктивністю в порівнянні з традиційними ковальсько-пресовими машинами. Час штампування сталевих деталей коливається в межах 6...24 с [13], що більше обробки на КГШП. Однак, порівнюючи витрати циклового часу на виготовлення деталей на традиційних ковальсько-пресових машинах, які йдуть на нагрівання, штампування й видалення облому, і час обробки на устаткуванні для штампування обкочуванням, можна перекопати в їхній незначній різниці. Для надання достатньої продуктивності штампування обкочуванням використовують спеціальні пристрої, які одночасно забезпечують роботу пресу в автоматичному режимі та розширюють технологічні можливості за рахунок обробки кільцевих деталей [14]. У складі автоматичної лінії продуктивність устаткування для штампування обкочуванням складає 600 штук у годину, при масі деталі 0,5...4,5 кг [6];

деякою обмеженістю форми оброблюваних деталей. Процес не забезпечує інтенсифікації радіального видавлювання в нерухому матрицю й одержання деталей, що мають складний двосторонній торцевий рельєф. У ряді випадків ці проблеми вирішуються підбором форми вхідної заготовки, а для одержання деталей зі складною в плані конфігурацією чи виступами на торцевій поверхні застосовуються пристрої зі складним видом коливального руху інструмента.

### Висновки

Наведені особливості штампування обкочуванням дають можливість зробити однозначний висновок, що цей процес ресурсозберігаючий, причому в комплексному розумінні. Це стосується і матеріальних витрат на обладнання та матеріали, і енергетичних та сировинних ресурсів, і якості отриманих деталей, які мають відповідний ресурс експлуатації.

Але, не дивлячись на позитивні якості технологічного процесу штампування обкочуванням, він не зайняв в сучасному вітчизняному металообробному виробництві достойного місця. В першу чергу це пов'язано з відсутністю доступного для вітчизняного виробника обладнання. Преси для штампування обкочуванням фірми SCHMID (прес Т-200 силою 2,0 МН; прес Т-400 силою 4,0 МН; прес Т-630 силою 6,3 МН) мають унікальні високі технологічні можливості, але вони мають і відповідну високу ціну. Пропозиції російського обладнання (прес П2440 силою 1,0 МН; прес конструкції ВНИИМЕТМАШ силою 1,6 МН; прес ПГСШ силою 2,0 МН) більш доступні за ціною, але не мають таких розгалужених можливостей як преси SCHMID. На жаль, на теперішній момент повністю відсутні на ринку обладнання преси для штампування обкочуванням вітчизняного виробництва.

Для створення вітчизняного обладнання є всі передумови. З однієї сторони ціла низка вітчизняних підприємств

має можливості виробляти преси для штампування обкочуванням, які в своїй основі мають гідравлічний привод. З другої, кафедра МПМ та ТП НТУУ "КПІ" має багаторічний досвід створення ресурсозберігаючих технологічних процесів (див. рис. 3, 4) та високоефективного спеціалізованого обладнання для штампування обкочуванням. Серед доробок такого обладнання:

- прес ПСШО-500 силою 5,0 МН, проект якого створений для виготовлення заготовок зубчастих коліс коробки передач вантажних автомобілів КамАЗ;
- прес С82.201 силою 1,6 МН, виготовлений для виробництва полуосі автомобіля ВАЗ 2121 "Нива";
- прес 108К силою 2,5 МН для розкочування заготовок дискових фрез;
- прес ППШО-30/280 силою 0,3 МН для моноблочного виробництва мідних деталей потужних тиристорів і діодів пігулкового типу та інші.

Важливим є обставина, що витрати на розробку і створення преса для штампування обкочуванням складають у середньому 25% від вартості звичайного преса аналогічних можливостей [11]. Маса преса для штампування обкочуванням зусиллям 1,6 МН складає 8,2 т проти 135 т преса, що працює за традиційною схемою навантаження [3].

Ще можливий і здешевлений шлях створення обладнання – це оснащення традиційного гідравлічного пресу механізмом руху обкочування активного інструменту. При цьому втрачається частина конструктивних рис, які можливо врахувати в спеціалізованому пресі, але результат швидкий і недорогий. Кафедра МПМ та ТП НТУУ "КПІ" має досвід і таких розробок. На рис. 6 надано зовнішній вигляд приставки для обкочування активним інструментом, що працює в купі з гідравлічним пресом Д2428.

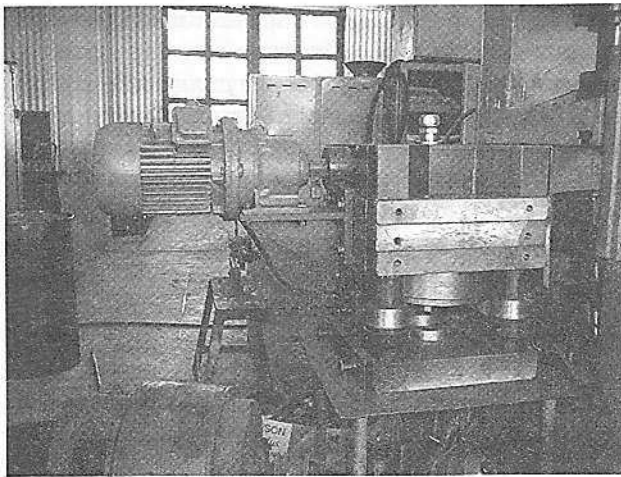


Рис. 6. Зовнішній вигляд приставки зусиллям 0,3 МН для обкочування активним інструментом

## Література

1. *Войцеховский В.А., Наговицин В.В.* Производство заготовок дисковых фрез торцевой прокаткой. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1986. – №3. – С. 7.
2. *Богоявленский К.Н., Елкин Н.М.* Холодная раскатка заготовок сложного профиля. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1986. – №7. – С. 22–25.
3. *Пишенинчук А.С., Кривда Л.Т.* Процесс штамповки обкатыванием, специализированное оборудование и методика проектировочных и технологических расчетов. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1985. – №3. – С. 26–28.
4. *Сторожев М.В., Попов Е.А.* Теория обработки металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 424 с.
5. *Steel bar forging: hot, cold or warm?* // Des. Eng. (Can.). – 1982. – V. 23. – №2. – P. 42–43.
6. *Standing P.M., Appleton E.* // Chartered Mech. Eng. – 1979. – V. 26. – №4. – P. 44–50.
7. *Hirai Y., Nakamura M., Kubo K.* / Repts. Gov. Ind. Res. Inst. – Nagoya, 1986. – V. 35. – № 1. – P. 34–39.
8. *Nakamura M., Kubo K., Hirai Y.* / Repts. Gov. Ind. Res. Inst. – Nagoya, 1984. – V. 33. – №6. – P. 217–223.
9. Капорович В.Г. Состояние и перспективы развития локальных методов обработки металлов давлением. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1985. – №7. С. 5–7.
10. *Donald R. Preger.* // Machine Design Jap. – 1974. – V. 16. – №1. – P. 107–109.
11. *Cold R.* // Press Metal. – 1974. – V. 32. – №9. – P. 28–31.
12. *Самойлович М.С. и др.* // Физ. и электрон. тверд. тела. – Ижевск, 1982. – №5. – С. 122–128.
13. *Marciniak Z., Chydakowski A.* // Stahl und Eisen. – 1970. – V. 90. – №20. – P. 1077–1080.
14. *Кривда Л.Т., Гожий С.П.* Технологічний процес і обладнання для виготовлення кільцевих деталей штампуванням обкочуванням в автоматизованому режимі. Вестник Киевского политехнического института. Серия Машиностроение. – 2005. – № 46. – С. 31–33.