

До порівняно нових, що мають незначний рівень застосування, можна віднести технологічні процеси торцевого розкочування і сферорухомого штампування, які можна об'єднувати в штампуванні обкочуванням, розкочування кілець і дисків та ін. [2, 3, 4,].

Проблема обмеженого рівня виробничого застосування локальних методів пов'язана з тим, що кожний з перерахованих технологічних процесів має свій ряд притаманних для нього за формою деталей, при виготовленні яких процес показує найвищу ефективність. Не зважаючи на те, що технології штампування обкочуванням мають численні переваги у порівнянні з традиційними способами, а також високі економічні та технологічні показники, вони на сьогодні не отримали широкого застосування. Значну увагу створенню і розвитку ресурсозберігаючих процесів металообробки приділяють вітчизняні та закордонні науковці. Ці роботи мають відносно вузький спектр визначення критеріїв та рекомендацій промислового використання штампування обкочуванням.

Тому існують проблеми в наявності доступних методик типового технологічного проектування та розробки вітчизняного промислового устаткування. Завданням цієї роботи є обґрунтування і демонстрація саме цього напрямку, який, внаслідок удосконалення технології деформування обкочуванням та створення спеціалізованого обладнання, поступово формується у самостійний виробничий метод обробки металів тиском [1].

Постановка задачі

Метою статті – є визначення шляхів розвитку технологічних можливостей процесів штампування обкочуванням.

Аналіз номенклатури деталей в машинобудуванні показав (рис.2), що переважною більшістю з них є тіла обертання (68%)

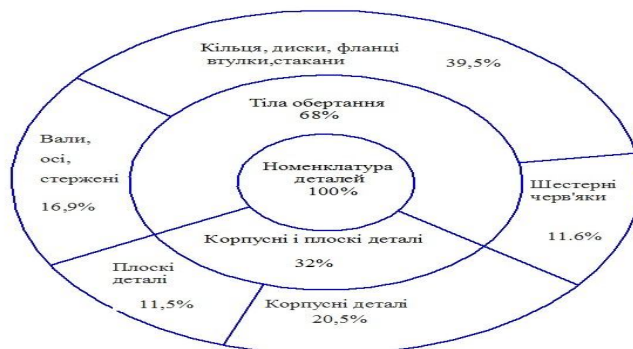


Рис. 2. Діаграма розподілу номенклатури деталей за конструктивними ознаками

Численну групу серед тіл обертання становлять вісесиметричні деталі типу кілець, дисків, фланців і т.д. При виготовленні даних деталей використовуються в основному вуглецеві, леговані сталі і кольорові метали. Основні труднощі при виготовленні таких деталей традиційними способами полягають в різкому зростанні зусилля деформування, внаслідок змикання зон утрудненої течії металу.

Для одержання подібних деталей використовуються способи, у яких формозміна здійснюється інструментом, який обкочується по поверхні заготовки. Виготовлення деталей при локальному навантаженні дозволяє досягти пластичного стану в зоні деформації при меншому значенні технологічного зусилля.

Для приготування заготовок деталей типу кілець, дисків, фланців і втулок з пластичних матеріалів ефективним може бути застосування процесів ШО. Основні технологічні схеми ШО представлені на рис. 3 [3].

Особливого розвитку ШО набуло при створенні такого напрямку, як холодне торцеве розкочування (ХТР). Процеси ХТР дозволяють отримати холодним деформуванням вісесиметричні, суцільні і порожнинні вироби складного профілю з тонкостінними елементами значних розмірів.

Формозміна заготовок може реалізуватись за наступними схемами (рис. 4): осаджування, висадка зовнішніх і внутрішніх буртів на трубчастих заготовках; пряме і зворотне витискування; роздавання, відбуртування, ротаційна витяжка, карбування тощо.



Рис. 3. Технологічні схеми штампування обкочуванням

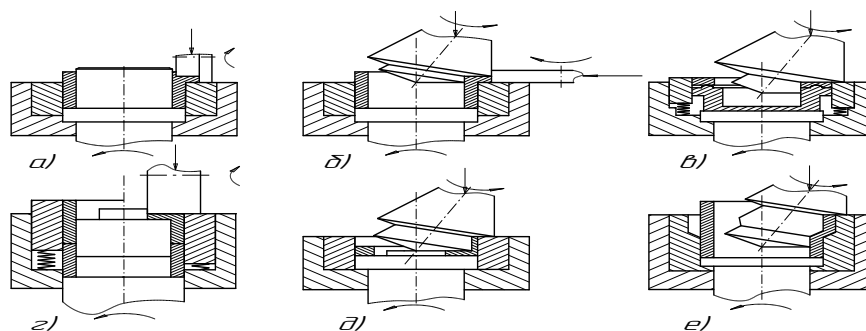


Рис. 4. Схеми ХТР: а, б – висадка зовнішнього бурта; в – карбування; г – висадка внутрішнього бурта; д – обернене витискування; е – роздавання

Технологічні характеристики напівавтоматів для ХТР представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Технологічні характеристики напівавтоматів для ХТР

Параметри	Розмірність	Модель		
		КО9013	СО424	САО424
Зусилля деформації	кН	125	250	630
Швидкість обертання матриці	об/хв	125	200	200
Потужність привода обертання	кВт	6	18,5	30
Продуктивність	шт/г	240	150	100
Діаметр вихідної заготовки	мм	60	125	250
Ширина бурта готової деталі	мм	15	25	40
Висота бурта готової деталі	мм	10	15	25
Габаритні розміри верстата				
Довжина	мм	2000	3500	4600
Ширина	мм	2000	1240	2000
Висота	мм	1200	1240	1500
Маса верстата	кг	3000	3600	15000

При ХТР у якості основного деформуючого інструменту використовують валки циліндричної чи конічної форми. Циліндричний валок формує внутрішні та профільні зовнішні бурти за

схемою висадки.

Значно більші технологічні можливості забезпечує деформуючий інструмент у вигляді конічного валка, що розташований під кутом до осі обертання деталі. Конічний валок дає можливість формування деталі за схемами висадки, прямого та оберненого видавлювання, роздавання, осаджування, карбування [1]. При деформації конічним валком у ряді випадків можна відмовитись від використання оправки, що спрощує конструкцію оснащення. Недоліками конічного інструменту є складність форми валка та залежність розміру інструменту від розміру деталі.

У якості заготовок для розкочування можна використовувати відрізки труб та прутків, штамповані заготовки та кільця, отримані гнуттям смуг чи прутків із наступним зварюванням. Матеріалом заготовок можуть слугувати сталі: конструкційні – Ст. 3, сталь 20, сталь 40; леговані конструкційні – сталь 20Х, сталь 18ХГТ; шарикопідшипникові – сталь ШХ15; інструментальні – сталь 9ХС, сталь 4Х13 та інші, а також кольорові метали та сплави.

Величина одиничного обтискування визначається необхідним ступенем деформації, силовими параметрами обладнання, розмірами заготовки і механічними характеристиками її матеріалу і може змінюватись від 1-3 мм на початковій стадії деформування до 0.05-0.1 мм на стадії калібрування. Остаточне деформування деталі відбувається, у більшості випадків, за 10-30 обертів або протягом 0.1-0.25 хв. Форма і розміри виробу задаються схемою розкочування і конструкцією обладнання.

Основним параметром, за яким оцінюється придатність металів для обробки методом торцевого розкочування, є достатня пластичність. В ряді схем прямого і зворотного видавлювання та комбінованих схем обмежуючим фактором є величина опору металу пластичному деформуванню, яка лімітується міцністю обладнання.

Основними факторами, що обмежують технологічні можливості процесів ХТР є руйнування матеріалу, викривлення і складкоутворення заготовок.

Деформівність заготовок в реальному технологічному процесі залежить від схеми формозміни, пластичності матеріалу, параметрів процесу і заготовки. Найбільш небезпечними через руйнування схемами є висадка зовнішнього бурта, роздавання та відбуртування трубчастих заготовок.

При висадці зовнішніх буртів гранична до руйнування деформація зменшується із збільшенням відношення висоти виставленої під розкочування частини заготовки до товщини стінки h_0/s_0 . До погіршення умов деформівності приводить зміщення вершини конічного валка від осі заготовки у напрямку плями контакту, внаслідок появи в приконтактних шарах заготовки напружень розтягу від дії сили тертя.

Напружений стан заготовок оцінювали з допомогою показника $\eta = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/\sigma_u$, де $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - головні напруження, σ_u - інтенсивність напружень [5]. Обробка отриманих результатів за методом найменших квадратів дозволила визначити шляхи деформування часток металу на вільній поверхні бурта в координатах «інтенсивність деформації (ϵ_u) - показник напруженого стану (η)» у вигляді залежності

$$\eta = k\epsilon_u - n. \quad (1)$$

Експериментально встановлено, що визначний вплив на шлях деформування чинять кут нахилу валка та зміщення його вершини від осі заготовки. При постійному куті нахилу осі валка $\alpha = 10^\circ$ та відсутності його зміщення, головний вплив чинять фактори $\frac{h_0}{b_0}$ і $\frac{\delta}{b_0}$ (рис. 5).

Граничний діаметр зовнішнього бурта розкочуваної заготовки може бути визначеним із співвідношення

$$d_p = d_0 \cdot \exp\left\{0.865\epsilon_{*c}(\eta = 0) \exp(-\eta_k \ln \lambda) w - 0.14 \left[\epsilon_{*c}(\eta = 0) \cdot \exp(-\eta_k \ln \lambda) w \right]^2\right\} \quad (2)$$

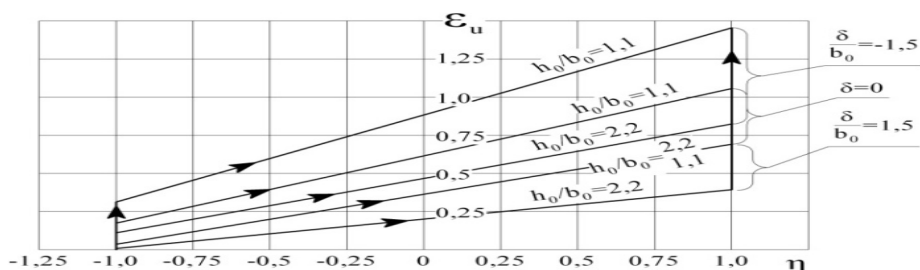


Рис. 5. Шляхи деформування вільної поверхні зовнішнього бурта при висадці

де η_k - значення показника η в точці перетину шляху деформування часток матеріалу небезпечної зони заготовки із діаграмою пластичності; W - коефіцієнт впливу історії деформування на пластичність. При висадці розкочуванням зовнішніх буртів $w = 1, 2 \dots 1, 35$.

Матеріали із полоугою діаграмою пластичності

($\varepsilon_p(\eta = -1) / \varepsilon_p(\eta = 0) < 1,5$) можуть руйнуватись не на вільній поверхні бурта, а в зоні із максимальними деформаціями на відстані S_0 від внутрішньої поверхні вихідної трубної заготовки. У цьому випадку допустимий ступінь деформації необхідно перевіряти також за граничним ступенем осаджування бурта

$$\frac{h_0}{h_p} = \exp[\varepsilon_{*c}(\eta = 0) \cdot \exp(1.5 \ln \lambda)] \quad (3)$$

На рис. 6 показані заготовки з зовнішнім і внутрішнім буртами, отримані за схемою висадки для заготовки з $2 < h_0 / b_0$ при застосуванні ціленаправленого зміщення вершини валка від центра заготовки.



Рис. 6. Заготовки з зовнішнім і внутрішнім буртом, отримані висадкою з цілеспрямованим зміщенням вершини конічного валка

При розкочуванні трубчатих заготовок за схемою висадки зовнішніх буртів, у випадку $h_0 / s_0 > 2 \dots 2,5$, відбувається викривлення стінки і утворення складки, що є технологічним обмеженням процесу через втрату стійкості заготовки. Для уникнення складкоутворення при розкочуванні заготовок із відносною товщиною стінки $s_0 / d_0 < 0,1 \dots 0,12$ і відносною вихідною висотою $h_0 / s_0 > 3$ формування зовнішніх буртів можна здійснювати за схемою відбуртування. Відбуртовані методом ХТР заготовки показані на рис. 7.

Виключення складкоутворення досягається шляхом зміщення вершини валка від осі заготовки у напрямі плями контакту на величину

$$\delta = \frac{s_0}{(1,5 \dots 2) \cdot \mu} \quad (4)$$

де μ - коефіцієнт тертя на поверхні валок-заготовка.

Розкочування заготовок за схемою відбуртування супроводжується появою значних

напружень розтягу, тому такому виду розкочування можна піддавати матеріали із високою пластичністю, яка характеризується величиною відносного звуження шийки при розтягу зразка $\psi_{ш} = 60...65\%$.

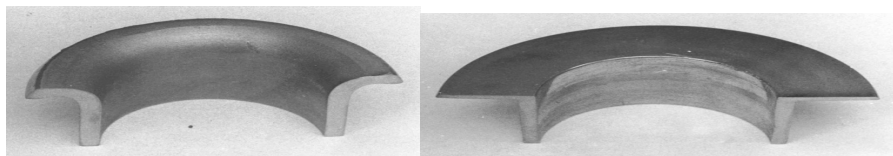


Рис. 7. Заготовка, отримана відбуртуванням: на проміжному і заключному етапах

Виробництво деталей з сталей 10, 20, 12Х18Н10Т та міді М06 показало, що відбуртування розкочуванням дозволяє отримувати якісні бурти значних розмірів, в т.ч. і з товщиною, значно меншою від товщини стінки вихідної заготовки.

Більш сприятливими з позицій деформівності металу є технологічні схеми прямого витискування-калібрування та комбінованого деформування з осаджуванням та зворотнім витискуванням. За першою схемою отримані кільця упорних підшипників та деталі кулачкових муфт (рис. 8).

Заготовкою в даному випадку служить кільце, отримане вирубкою з листа на штампі або відрізане від труби. Матеріал кільця підшипника – підшипникова сталь. Застосування конічного валка з $\alpha < 10^\circ$ дозволяє зменшити відцентровий плин матеріалу і інтенсивність утворення зовнішнього облою. В процесі розкочування формується доріжка тіл кочення, торцеві поверхні з фасками, зовнішній і внутрішній діаметри по 8-9 квалітету точності. Шорсткість поверхні доріжки кочення $Ra=0,2-0,4$ мкм, решти поверхонь $Ra=0,8-2,5$ мкм. Час розкочування 4-5 сек.



Рис. 8. Схема прямого витискування-калібрування і вигляд отриманих заготовок: 1 - заготовка, 2 - обойма, 3 - матриця, 4 - оправка, 5 - валок, 6-виштовхувач

На рис. 9 показані вироби, отримані за технологічною схемою осаджування зі зворотнім витискуванням.

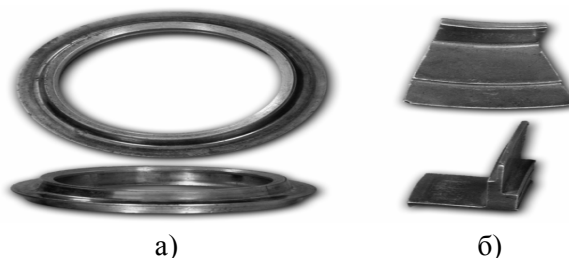


Рис. 9. Складно профільовані вироби, отримані розкочуванням циліндричним валком: а) фланець з комірцем; б) елемент корпусу електровакуумного пристрою

Таким чином, цілеспрямовано застосовуючи різні технологічні схеми ШО можна отримувати якісні вироби різної форми, а використовуючи підхід на основі критеріїв деформівності – визначати придатність матеріалу для обробки та граничні розміри виробів.

Висновки

Запровадження методів ШО у виробництво забезпечує збільшення коефіцієнта використання металу до 0,8 і зменшення трудомісткості обробки на 30-35%.

При ШО точність розмірів виробів залежить від точності розмірів інструменту та схеми деформування. В основному при розкочуванні забезпечується точність обробки по 8-11 квалітету. Шорсткість поверхні виробу залежить від шорсткості інструменту та якості мастила. При застосуванні інструменту із необхідною якістю робочих поверхонь, шорсткість поверхні виробу відповідає параметру $R_a = 5 - 0.63$ мкм. Можливість використання обладнання малої потужності при виготовленні крупногабаритних виробів, особливо методом ХТР, дозволяють ефективно використовувати дані процеси у малосерійному виробництві.

Список літератури

1. Матвийчук В. А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов: Монография / В. А. Матвийчук, И. С. Алиев. – Краматорск: ДГМА, 2009. – 268 с.
2. Богоявленский К. Н. Оборудование и технология раскатки прецизионных заготовок / К. Н. Богоявленский, М. Т. Селин, В. В. Лапин. - М.: НИИМаш. 1981. – 82 с.
3. Гожій С.П. Штампування обкочуванням як засіб ресурсозбереження // С.П. Гожій, Л.Т. Кривда; Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». 2006. - № 2(46). – С. 55-60.
4. Matviychuk V. A. Development of technological process of flanges upsetting on tubular billets by face rolling / V. A. Matviychuk, L. I. Aliyeva // Produkcya i Zarzadzanie w Hutnictwie. XIV Miedzynarodowa Konferencya Naukowo-Techniczna, Politechnika Czestochowska. Szczyrk 28 czerwca – 1 lipca 2006.- S. 132-136.
5. Огородников В. А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении / В. А. Огородников. - К.: УМК ВО. 1989. 150 с.

References

1. Matviychuk V. A. Sovershenstvovanye protsessov lokalnoi rotatsyonnoi obrabotky davleniyem na osnove analiza deformyruemosti metallov: Monografyia / V. A. Matviychuk, Y. S. Alyev. – Kramatorsk: DHMA, 2009. – 268 s.
2. Bohoiavlenskiy K. N. Oborudovanye y tekhnolohyia raskatky pretsezyonnykh zahotovok / K. N. Bohoiavlenskiy, M. T. Selyn, V. V. Lapyn. - M.: NYUMash. 1981. – 82 s.
3. Hozhii S.P. Shtampuvannia obkochuvanniam yak zasib resursozberezhennia // S.P. Hozhii, L.T. Kryvda; Naukovi visti Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut». 2006. - № 2(46). – S. 55-60.
4. Matviychuk V. A. Development of technological process of flanges upsetting on tubular billets by face rolling / V. A. Matviychuk, L. I. Aliyeva // Produkcya i Zarzadzanie w Hutnictwie. XIV Miedzynarodowa Konferencya Naukowo-Techniczna, Politechnika Czestochowska. Szczyrk 28 czerwca – 1 lipca 2006.- S. 132-136.
5. Ohorodnykov V. A. Deformyruemost y razrushenye metallov pry plastycheskom formoyzmeneniyu / V. A.

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВЫМ ОБКАТЫВАНИЕМ

Аннотация: в данной статье проанализированы особенности локального деформирования, которые определяют штамповым обкатыванием как самостоятельный вид обработки давлением. Приведенные примеры наиболее полной реализации преимуществ штамповым обкатыванием, что обеспечивает эффективность промышленного использования.

Ключевые слова: штамповым обкатыванием, обработка металлов давлением, холодная объемная штамповка, деформирования, формообразования.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESS CAPABILITY DIE OBKATYVANIИ

Summary: in this article, particularly in analyzing the local deformation, which determine die obkатыvanii as an independent pressure treatment. The above examples of the most full advantage of die obkатыvanii that ensures the effectiveness of industrial use.

Keywords: die obkатыvanii processing metals pressure, cold forging, deformation, forming.