

B.G. Granovskiy. – Moscow: Vysshaya shkola, 1985. – 304 P. **3.** Pukhovskiy E. P. Bezvibratsionnoe mnogolezviynoe rezanie E. P. Pukhovskiy, G.E. Taurit, M.I. Leshenko. – Kiev: Tekhnika, 1982. – 117 P. **4.** Brizhan T.M. Povyshenie kachestva obrabotki glubokikh otverstiy pri razvertyvanii T.M. Brizhan Novye i netraditsionnye tekhnologii v resurso- i energosberezenii: materialy nauchn.-tekhn. konf., Odessa–Kiev: ATM Ukrainy, 2014. – P. 20–23. **5.** Brizhan T.M. Povyshenie tochnosti obrabotki glubokikh otverstiy T.M. Brizhan Sovremennye innovatsii v nauke i tekhnike: sbornik nauchnykh trudov 4-oy Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. V 4-kh t. Tom 1. – Kursk: Yugo-Zap. gos. un-t, 2014. – P. 159–166.

Поступила (received) 23.10.2014 р.

УДК 621.73

В. О. ЄВСТРАТОВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»

ФОРМУВАННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО ЯЩИКА ЯК ПЕРЕДУМОВА ПОШУКУ НОВИХ ВИДІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Запропоновано новий підхід до класифікації обладнання для оброблення металів тиском. Особливість підходу – створення морфологічного ящика (таблиці) з 11-ма осями. У таблиці наведено 8 конструкторських класифікаційних ознак та 3 технологічні. Таблиця містить усі уявні варіанти конструкцій обладнання та їхнього технологічного застосування, які охоплені класифікаційними ознаками, що прийняті для класифікації. Запропоновано нові терміни та дані їхні тлумачення: заготованка, покованка, штампованка, корба. Така детальна класифікація може стати основою для генерування нових конструкцій обладнання з використанням сучасних ІТ- технологій.

Ключові слова: морфологічний ящик, класифікаційна ознака, заготованка, покованка, штампованка, корба, колінчастий вал, ексцентриковий вал, кривошипний вал, кратність дії.

Вступ. Відомо багато підходів до класифікації обладнання для оброблення металів тиском (ОМТ). Але кожен з них має певні недоліки. Найсуттєвіший з них – намагання розробити класифікацію лише існуючих видів обладнання, не визначивши їхні основні спільні класифікаційні ознаки, не створивши передумов для генерування нових видів ковальсько-штампувального обладнання (КШО).

Аналіз сучасного стану проблеми. У роботі [1] обладнання поділено лише на три групи: 1) молоти; 2) гідравлічні преси; 3) кривошипні та ротаційні машини. У роботі [2] усе КШО поділено на чотири групи: 1) молоти; 2) кривошипні преси; 3) гідравлічні преси; 4) ротаційні машини. У роботі [3] тільки частину КШО – обладнання для гарячого штампування – поділено на п'ять груп: 1) штампувальні молоти; 2) гвинтові прес-молоти; 3) кривошипні машини; 4) гідравлічні преси; 5) нові ковальсько-пресові машини. У роботі [4] зазначено: «За роки науково-технічної революції створено нові машини. Це веде до безперервного збагачення та удосконалення класифікації, яка має охоплювати усі нові типи машин та ставати основою вивчення та

удосконалювання відповідного обладнання і планування його запровадження у промисловість». На цій підставі виділено п'ять основних класів КШО: 1) преси; 2) молоти; 3) ротаційні машини; 4) імпульсні машини; 5) стати (газостати та гідростати). Автори слушно зауважують, що до цієї класифікації не включено деякі машини через їхнє незначне використання у виробництві.

Актуальність дослідження. Аналізуючи згадані класифікації треба зауважити, що вони містять внутрішні протиріччя, наприклад, з того, що в останній класифікації молоти відокремлені від імпульсних машин, хоча за принципом дії їх слід об'єднати в одну класифікаційну групу; стати відокремлені від пресів, хоча й ці види обладнання за принципом їхньої дії слід віднести до однієї класифікаційної групи. Різні автори використовують для класифікації лише невелику кількість класифікаційних ознак. Тому класифікації [1–4] неповні. *Вони йдуть за розвитком обладнання, а не прогнозують можливості створення нових його конструкцій.*

Мета і задачі дослідження. Автор пропонує підхід, в основу якого покладено морфологічний ящик (морфологічну таблицю) [5]. Це дозволяє, з одного боку, чітко визначити основні спільні класифікаційні ознаки, з другого – уніфікувати назви машин, поставивши цю справу на науковий рівень, а з третього (і це головне!) *використовувати сучасні інформаційні технології для генерування нових, ще не відомих виробництву конструкцій КШО, хоча синтез нових ефективних технічних рішень в цьому випадку є досить складною проблемою вибору доцільних рішень з дуже великої кількості можливих (10 206 000), що зазначені у ящику.*

Результати дослідження. У таблиці наведено 8 конструкторських класифікаційних ознак та 3 ознаки технологічні. Тому таблиця містить дуже багато формально можливих варіантів різноманітних технічних рішень. Деякі з них є принципово неможливими. Наприклад, статичний принцип дії несумісний із безшаботним способом замикання сили деформації. Але у таблиці містяться і перспективні (ще невідомі!) конструкції обладнання для ОМТ.

Таблиця потребує деяких коментарів щодо термінології.

По-перше. Зараз в українських ДСТУ з термінології набув поширення такий неоконкретний термін – штампована поковка. Що це таке? Є в технології оброблення металів тиском два розповсюджених способи виробництва деталей – кування і штампування. Тому й вироби, які куєть треба називати покованками, а вироби, які штампують – штампованками. Разом із заготованкою (а на заготівкою!) ці три базові терміни утворюють тріаду термінів, які узгоджені між собою як за змістом, так і граматично.

Таблиця Основні класифікаційні ознаки обладнання та варіанти їхньої реалізації

Принцип дії	1. Динамічний 2. Статичний 3. Динаміко-статичний 4. Статико-динамічний 5. Ротаційний
Режим дії	1. Звичайний 2. Напіваавтоматичний 3. Автоматичний 4. Із числовим програмним керуванням (ЧПК)
Джерело енергії	1. Водяна пара 2. Стиснене повітря або газ 3. Рідина високого тиску 4. Електрична енергія 5. Хімічна енергія
Вид головного виконавчого механізму	1. Пневмоциліндр 2. Гідроциліндр 3. Корбово-поковзневий механізм 4. Корбово-колінчастий механізм 5. Корбово-важільний (складний) 6. Кулачковий 7. Гвинтовий 8. Рейковий 9. Електромагнітний
Кратність дії	1. Простої дії 2. Подвійної дії 3. Потрійної дії 4. Групової дії
Напрямок сили деформації	1. Вертикальний 2. Горизонтальний 3. Похилий 4. Комбінований
Спосіб замикання сили	1. Рамний 2. Колонний 3. Шаботний 4. Безшаботний
Кількість робочих позицій	1. Одна 2. Дві 3. Три 4. Чотири 5. Багато
Вид деформації	1. Гаряча 2. Напівгаряча (тепла) 3. Холодна
Вид заготовки	1. Зливки або виливки 2. Вальцювання сортове 3. Вальцювання листове (в т.ч. стрічка) 4. Покованка 5. Штампованка 6. Штампованка (листова) 7. Порошок
Технологічне призначення обладнання	1. Розділення 2. Кування 3. Штампування (об'ємне) 4. Штампування (листова) 5. Видавлювання 6. Пресування 7. Компактування 8. Калібрування 9. Карбування

По-друге. В конструкціях пресів широко використовують колінчасті вали, ексцентрикові, кривошипні, але як узагальнююче поняття для цих видів валів в російській термінології використовують термін – кривошипні вали. Це суттєва неточність. В українській мові є поняття корба. Воно є узагальнюючим (як, наприклад, меблі по відношенню до стола, стільця, шафи тощо). Тому під корбовим пресом розумітимемо будь-який прес, у якого головний виконавчий механізм має або колінчастий, або ексцентриковий, або кривошипний вал.

Перша класифікаційна ознака – принцип дії. Відповідно до неї усе КШО можна поділити на п'ять видів.

До першого виду можна віднести обладнання з *динамічним принципом дії*. Він полягає в тому, що формозмінення заготовки здійснюється за рахунок кінетичної, електричної чи хімічної енергії, *накопиченої до моменту деформації*. Тут можна виділити молоти (кувальні та штампувальні), устаткування для вибухового, а також електрогідравлічного та магнітно-імпульсного штампування.

Відповідно до конструктивних особливостей (*структури*) можна виділити такі різновиди обладнання.

МОЛОТ – вид обладнання для ОМТ, який складається із замкненої або незамкненої рами, всередині якої переміщується баба, що рухається паровим (повітряним) циліндром, керованим паровим (повітряним) розподільником, котра за допомогою інструмента (бойків або штампів) деформує заготовку.

Для штампування іноді використовують молоти із зустрічним рухом двох баб (безшаботні молоти).

В остання роки все більшого розповсюдження набувають високошвидкісні штампувальні молоти.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИБУХОВОГО ШТАМПУВАННЯ – вид обладнання для ОМТ, яке містить басейн, де розташовується рідина, заготовка, формотворний інструмент, запальник та заряд вибухової речовини (ВР), при надшвидкому згорянні якої в рідині утворюється вибухова хвиля, котра деформує заготовку.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИБУХОВОГО ГАЗОВОГО ШТАМПУВАННЯ – вид обладнання для ОМТ, складений з циліндра для детонаційного згорання газової суміші, місця для заготовки, формотворного інструмента, передавального середовища (яке може бути рідиною або твердим тілом), котре деформує заготовку.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО ШТАМПУВАННЯ – вид обладнання для ОМТ, складений із замкненої рами або колонної конструкції, спеціального пристрою для розрядника, порожнини для рідкого передавального середовища, формотворного інструмента та заготовки,

гідравлічного пристрою для замикання, конденсаторної батареї для накопичення електричної енергії, а також пристрою для комутації конденсаторів із розрядниками (найчастіше кількома, зібраними у групи), які створюють в рідині електрогідравлічний удар, котрий деформує заготовку.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО ШТАМПУВАННЯ – вид обладнання для ОМТ, складений з рами, конденсаторної батареї для накопичення електричної енергії, пристрою для комутації конденсаторів із формотворним інструментом, що має форму просторової або плоскої котушки, яка створює надпотужне імпульсне електромагнітне поле, котре деформує заготовку.

До другого виду можна віднести обладнання, зі *статичним принципом дії*. Він полягає в тому, що пластичне формозмінення заготовки здійснюється за рахунок потенційної енергії, яка віддається джерелом енергії безпосередньо у процесі робочого ходу обладнання.

Відповідно до принципу дії цих видів обладнання та їхніх конструктивних особливостей (*структури*) можна виділити такі різновиди обладнання.

ПРЕС ГІДРАВЛІЧНИЙ – вид обладнання для ОМТ, складений із замкненої рами або колонної конструкції, по напрямним якої переміщується поковзень (або поперечка), на яку діє один чи кілька гідравлічних циліндрів, які живляться від насоса, мультиплікатора або насосно-акумуляторної станції через хлипаковий (клапанний) або суваковий (золотниковий) гідророзподільник.

ГІДРОСТАТ – вид обладнання для ОМТ, складений з міцного контейнера (переважно циліндричної форми), в якому передбачене місце для порошкового матеріалу в оболонці, спеціальне вікно для завантаження-вивантаження, та з гідравлічного насоса високого тиску, який через систему керування з'єднано з контейнером.

ГАЗОСТАТ – вид обладнання для ОМТ, складений з міцного контейнера, в якому передбачене місце для порошкового матеріалу в оболонці, спеціальне вікно для завантаження-вивантаження, та з повітряного компресора високого тиску, який через систему керування з'єднано з контейнером.

До третього виду можна віднести обладнання з *динаміко-статичним принципом дії*. Він полягає в тому, що формозмінення заготовки здійснюється частково за рахунок кінетичної енергії, накопиченої рухомими частинами (зокрема, крутнем) до моменту деформації, а частково за рахунок енергії, відданої джерелом енергії (переважно електричним двигуном) безпосередньо у процесі деформації.

Відповідно до принципу дії цих видів обладнання та їхніх конструктивних особливостей (*структури*) можна виділити такі різновиди обладнання.

ПРЕС МЕХАНІЧНИЙ – вид обладнання для ОМТ, складений із замкненої рами-станини, напрямними якої перпендикулярно до столу переміщується деформувальна частина преса (поковзень), яка рухається електродвигуном та крутнем через систему передач (клинопасових, зубчастих, корбово-поковзневих, кулачкових тощо).

Існує велика кількість різноманітних за конструкцією видів механічних пресів, які відрізняються варіантами реалізації класифікаційних ознак, які наведені у таблиці. Прес механічний може бути вертикальним, похилим чи горизонтальним. Зазначимо, що горизонтальні преси виробничники неправильно називають горизонтально-кувальною машиною (ГКМ). Цей прес не кує заготованку, а штампує її. Тому правильно його називати горизонтальним штампувальним пресом (ГШП).

ВАЛЬЦЮВАЛЬНИЙ ВЕРСТАТ – вид обладнання для ОМТ, складений з рами-станини, напрямними якою паралельно до столу переміщується поковзень, що за допомогою двох клиноподібних плоских інструментів, встановлених на поковзні та столі верстата, формує циліндричні заготованки, утворюючи з них тіла обертання зі змінними за довжиною діаметрами. У цьому верстаті також обов'язково є крутень.

Як різновид цього обладнання широко відомі так звані накатувальні верстати, на яких за допомогою плоских плашок накочується різь на болтах, гвинтах, шпильках.

До четвертого виду можна віднести обладнання зі *статико-динамічним принципом дії*. Він полягає в тому, що формозмінення заготованки здійснюється у два етапи: спочатку за рахунок енергії, яка віддається крутнем у процесі деформації, а остаточне формозмінення здійснюється за рахунок кінетичної енергії, накопиченої рухомими частинами до моменту деформації.

Четвертий вид обладнання характеризується значним різноманіттям конструктивних особливостей (*структури*), але усе воно має однакову назву – прес-молот.

ПРЕС-МОЛОТ – вид обладнання для ОМТ, що представляє комплекс із гідравлічного преса, який здійснює попереднє формозмінення заготованки шляхом її статичного навантаження, та молота, який здійснює остаточне формозмінення заготованки шляхом її динамічного навантаження.

До п'ятого виду можна віднести обладнання з *ротаційним принципом дії*. Він полягає в тому, що формозмінення заготовки здійснюється за рахунок обертання або інструмента, або інструмента і заготовки разом.

Відповідно до принципу дії цих видів обладнання та їхніх конструктивних особливостей (*структури*) можна виділити таке обладнання для ОМТ.

ВАЛЬЦІ – вид обладнання для підготовчих операцій штампування, складений з рами-станіни, в якій у вальницях розташовано два (або чотири) вали, на яких встановлено секторний інструмент, що обертається через систему передач (клинопасових, зубчастих тощо) електродвигуном і в процесі прямолінійного поздовжнього руху заготовки надає їй потрібну форму (відповідно до кресленника епюри діаметрів).

ДИСКОВІ НОЖИЦІ – вид обладнання для розділових операцій ОМТ, складений з рами-станіни, в якій у вальницях розташовано два вали, на яких встановлено дисковий інструмент, що обертається через систему передач (клинопасових, зубчастих тощо) електродвигуном і в процесі прямолінійного поздовжнього руху листа або стрічки розділяє заготовку на кілька вузьких смуг або стрічок.

ВАЛЬЦЮВАЛЬНИЙ (ПРОКАТНИЙ) СТАН – вид обладнання для підготовчих операцій ОМТ, складений з рами-станіни, в якій у вальницях встановлено два або три вали, на яких розташовано циліндричний або конічний інструмент із рівчачками, що обертається через систему передач (клинопасових, зубчастих тощо) електродвигуном і в процесі прямолінійного або гвинтоподібного руху циліндричної заготовки формує її у відповідності з жаданою технологом формою.

РОЗКОЧУВАЛЬНИЙ СТАН – вид обладнання для ОМТ, складений з рами-станіни, в якій у вальницях обертаються два вали, на яких встановлено циліндричний інструмент із рівчачками, що обертається через систему передач (клинопасових, зубчастих тощо) електродвигуном і в процесі обертального руху кільцевої заготовки формує її поперечний переріз у відповідності з жаданою технологом формою.

РОТАЦІЙНО-КУВАЛЬНА МАШИНА – вид обладнання для ОМТ, складений із замкненої рами, в якій розміщений деформуючий орган машини – бойки, які за певною програмою рухаються зворотно-поступально, а заготовка за допомогою маніпулятора рухається поступально і обертається, в результаті чого отримують циліндричну заготовку змінного по довжині поперечного перерізу.

СТАН ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГНУТИХ ПРОФІЛІВ – вид обладнання для ОМТ, складений з кількох послідовно розташованих клітей, в кожній з яких у вальницях розміщені два вали, на яких встановлено складений дисковий інструмент, що обертається через систему передач (клино-пасових, ланцюгових, зубчастих тощо) електродвигуном і в процесі прямолінійного поздовжнього руху листа або стрічки формує з цієї заготовки гнутий профіль необхідної (переважно складної) форми.

Друга класифікаційна ознака – режим дії. За цією ознакою усе обладнання для ОМТ можна розділити на чотири види: 1) обладнання звичайної дії, в якому оператор керує не тільки початком дії, але й контролює увесь робочий процес (Наприклад, може зупинити його на будь-якій ділянці ходу); 2) обладнання напівавтоматичної (циклічної) дії, в якому оператор керує лише початком циклу (включає машину на робочий хід, а машина самостійно виконує повний цикл обробки, при чому втрутитись у робочий процес оператор не може); 3) обладнання автоматичної дії, яке після запуску оператором виконує робочі цикли безперервно (в автоматичному режимі) доки не буде зупинено; 4) обладнання з числовим програмним управлінням (ЧПУ), яке за спеціальною програмою виконує різноманітні цикли (в тому числі із зміною робочих інструментів).

Третя класифікаційна ознака – джерело енергії. Як енергоносії для обладнання може виступати: 1) водяна пара; 2) стиснене повітря або газ; 3) рідина високого тиску; 4) електрична енергія; 5) хімічна енергія.

Хімічну енергію як джерело для КШО використовують рідко (лише в установках для вибухового та вибухового газового штампування). Для цих видів обладнання використовують або вибухові речовини (ВР), або природні горючі гази. Стиснене повітря або газ як джерело енергії використовують теж рідко (лише у штампувальних пароповітряних молотах із невеликою масою упадних частин та у високошвидкісних молотах). Водяну пару (зазвичай перегріту) використовують відносно рідко (лише в молотах та парогідравлічних мультиплікаторах гідравлічних кувальних пресів).

Широке застосування має рідина високого тиску (вода, емульсія, різні види рідкого масла). Але виокремлювати цей вид енергії варто лише в тому випадку, коли на підприємстві є окрема насосно-акумуляторна станція, яка живить рідиною високого тиску кілька різноманітних одиниць обладнання для ОМТ (іноді навіть у різних цехах).

Найчастіше для роботи КШО використовують електричну енергію. Усі механічні та гідравлічні листоштампувальні преси (з індивідуальним приводом), автомати та обладнання з ЧПУ живляться лише електричною енергією. Так само усі види обладнання для електрогідравлічного

штамбування, газостати та гідростати, а також обладнання для магнітно-імпульсної обробки металів живляться виключно електричною енергією.

Четверта класифікаційна ознака – вид головного виконавчого механізму (ГВМ).

ГВМ усіх різновидів молотів – це пневмоциліндр або гвинт. Лише в окремих типах молотів використовують гідроциліндри. Гідроциліндри широко використовують як ГВМ у гідравлічних пресах.

Найширше застосування мають різноманітні корбові механізми (корбово-поковзневий, корбово-колінчастий, корбово-важільний механізми).

Кулачкові механізми як ГВМ використовують рідко: в роторних автоматах, а також для виготовлення складних деталей в спеціальних автоматах, переважно для згинання. Це обумовлено тим, що кулачок і спряжений з ним штовхач (або навіть ролик) утворюють вищу кінематичну пару, яка досить інтенсивно зношується.

Певне поширення мають гвинтові механізми, наприклад гвинтові молоти, де обертовий рух крутня за допомогою гвинтової передачі перетворюється на поступальний рух поковзня з інструментом.

Досить екзотичним в наш час є електромагнітний ГВМ. Він має вигляд лінійного електродвигуна, в якому створюється біжуче магнітне поле, яке урухомлює частини обладнання, наприклад, упадні частини (бабу із штампом) в електромагнітному молоті.

П'ята класифікаційна ознака – кратність дії. На жаль, тлумачення цієї ознаки дещо різне для різних видів обладнання. Наприклад, молот простої дії визначається як вид обладнання, в якому джерело енергії (пара або стиснене повітря) рухають бабу лише догори, а робочий хід здійснюється за рахунок переходу потенційної енергії піднятих упадних частин у кінетичну енергію протягом холостого ходу донизу. Молот подвійної дії визначається як вид обладнання, в якому джерело енергії (пара або стиснене повітря) рухають бабу і вгору, і донизу. У той же час прес простої дії визначається як вид обладнання, в якому джерело енергії рухає поковзень і вгору, і донизу, але рухає тільки один поковзень. Прес подвійної дії (як механічний, так і гідравлічний) визначається як вид обладнання, в якому є два ГВМ і два поковзні. Наприклад: один для притискування заготованки, а другий – для виконання технологічної операції (глибокого витягування заготованки). В останні роки набули поширення преси потрійної дії (переважно для чистового вирубання). Щоб уніфікувати тлумачення терміна «кратність дії» домовимось про таке: 1) стосовно молотів усталене використання цієї ознаки залишити; 2) стосовно усіх інших видів

обладнання кратність дії будемо визначати кількістю переходів, які здатне виконати дане обладнання за одну операцію.

Поняття «обладнання з ГВМ групової дії» у відомих класифікаціях взагалі не зустрічається. Обладнання з ГВМ групової дії – це переважно обладнання для високоенергетичних способів обробки тиском (вибухового, електрогідравлічного тощо). У ньому передбачено кілька зарядів ВР або електричних розрядників, які об'єднані в групи і які спрацьовують в заданій послідовності, викликаючи локальну деформацію складної за формою деталі.

Шоста класифікаційна ознака – напрям сили деформації. Відповідно до неї усі види обладнання для ОМТ можна поділити на чотири види: 1) вертикальний; 2) горизонтальний; 3) похилий; 4) комбінований. Треба зауважити, що обладнання простої дії може мати якийсь один напрям сили деформації; обладнання подвійної та потрійної дії часто має комбінований напрям сили деформації: частково вертикальний, частково горизонтальний, частково похилий.

Сьома класифікаційна ознака – спосіб замикання сили деформації. Залежно від принципу дії розрізняють рамну або колонну конструкцію станини для всіх видів обладнання, крім молотів. Така станина сприймає силу деформації, тому її розраховують на номінальне навантаження, яке виникає в процесі деформації заготовки. Рамна конструкція може бути відкритою (С-подібною) або закритою. Остання найчастіше є суцільною. Її виготовляють або зварюванням, або литтям.

Колонна конструкція завжди є складеною з верхньої та нижньої поперечки та чотирьох (іноді двох, зовсім рідко – з трьох) колон, які ці поперечки з'єднують за допомогою гайок. Колонну конструкцію також розраховують на номінальну силу, яка виникає в процесі деформації заготовки.

Для молотів розрізняють шаботну й безшаботну конструкцію. У шаботній конструкції енергія удару сприймається нижньою частиною молота – шаботом. Маса шабота у 20...25 разів більша за масу баби. Лише за цієї умови коефіцієнт корисної дії удару молота виявляється задовільним. Шабот значно збільшує масу молота, але не поглинає усієї енергії удару рухомих частин (штампа, баби, штока, поршня). Тому іноді використовують безшаботні молоти, в яких реалізується ідея зустрічного удару. Але конструктивне виконання безшаботних молотів досить складне. Проте основною причиною, через яку вони не набули широкого розповсюдження (хоча й мають дуже багато переваг перед шаботними) – це те, що нижня частина штампа має бути рухомою. Це заважає виконувати такі поширені в практиці молотового штампування операції, як підкочування та протягування. Тому технологічні можливості безшаботних молотів виявляються значно звуженими.

Восьма класифікаційна ознака – кількість позицій для деформації заготованки. Цей показник суттєво впливає на продуктивність роботи обладнання.

Найширше розповсюдження набули однопозиційні машини для ОМТ. Проте в такі машини можна встановлювати багатопозиційні штампи і обробляти заготованку за кілька переходів. При цьому можна витратити один робочий хід як для кожної позиції окремо, так і для кількох позицій одночасно. В останньому випадку прес має бути обладнаний спеціальним пристроєм для автоматичного перекладання заготованки з позиції на позицію. Досить широко використовують багатопозиційні автоматизовані преси-автомати. Наприклад, у листовому штампуванні застосовують навіть 10-ти позиційні преси-автомати.

Дев'ята класифікаційна ознака – вид деформації. Розрізняють три основних види деформації, які зазначені у таблиці 1. Вид деформації суттєво впливає як на продуктивність роботи обладнання, так і на його кінематичні та розмірні характеристики. Крім того, вид деформації суттєво впливає на стійкість штампів.

Відомо, що з підвищенням температури напруження течії зменшується, а тому зменшується і зусилля деформації. В середньому зусилля гарячої деформації в десять разів менше за зусилля холодної. Тому гарячу деформації використовують переважно для об'ємного штампування як на молотах, так і на пресах. Крім того, відомо, що при переході на штампування з молота на корбовий гарячештампувальний прес покованок із тонкими елементами стійкість штампів зменшується у кілька разів через значний термічний вплив заготованки на штамп. Тому для гарячого та напівгарячого штампування треба віддавати перевагу швидкохідному обладнанню, а для холодного об'ємного штампування – тихохідному.

Десята класифікаційна ознака – вид заготованки. В ковальсько-штампувальних цехах найчастіше використовують сортове або листове вальцювання. Досить часто для складних штампованок використовують покованки. Наприклад, гонки для крупних дизельних двигунів виготовляють комбінованим способом – куванням отримують заготованки у відповідності з епюрою діаметрів, а штампуванням – гонки. Досить часто для калібрування та карбування як заготованку використовують штампованку.

Останнім часом все ширшого розповсюдження набуває штампування (компактування) порошкових матеріалів.

Одинадцята класифікаційна ознака – технологічне призначення. В існуючих класифікаціях досить часто ця ознака визначає лише назву обладнання. Наприклад, штампувальний молот, гідравлічний прес, ножиці,

вирубний прес тощо. А основні конструктивні особливості обладнання при цьому до уваги не беруться. Про це обладнання можна спитати: який саме молот (пароповітряний, гідравлічний тощо), які саме ножиці (корбові, гідравлічні, імпульсні тощо), який вирубний прес (звичайний, напівавтоматичний, автоматичний, із ЧПУ тощо). Більш того, на догоду виробникам часто-густо технологічне призначення не відповідає назві, наприклад, Ось приклади: горизонтально-кувальна машина (ГКМ). Та це ж зовсім не кувальна, а штампувальна машина, а за принципом дії – це прес (див. першу класифікаційну ознаку); кувальні вальці – це обладнання для попереднього формування заготовки відповідно до епюри діаметрів, а зовсім не для кування; ексцентрикові преси. На виробництві дуже часто ексцентриковим називають преси з кривошипним валом. Вірогідно, це пов'язано з тим, що з метою регулювання ходу поковзня преса на кінець кривошипного валу одягають ексцентрикову шайбу. Але факт залишається фактом – вал залишається кривошипним. На жаль, таких прикладів можна навести дуже багато. Тому технологічне призначення обладнання обов'язково необхідно давати, але лише після конструктивних ознак обладнання.

Висновки. 1. Наведена автором детальна класифікація дає можливість дати вичерпну уніфіковану назву будь-якому обладнанню. Наприклад: механічний (1) прес-автомат (2) з корбово-поковзневим ГВМ (4) простої дії (5) горизонтальний (6) рамної конструкції (7) однопозиційний (8) для холодного (9) видавлювання (10) заготовок із сортового вальцювання (11). У цій назві пропущена ознака (3). Але для преса джерело енергії – це електрична енергія. Якби якісь варіанти реалізації даної конструкції були відмінними від зазначених вище, їх треба було б згадати у назві обладнання.

2. Морфологічний ящик містить 10 206 000 чарунок і вичерпує усі принципово можливі й принципово неможливі варіанти конструктивного виконання та технологічного використання будь-якого обладнання для ОМТ, якщо за класифікаційні ознаки прийняти 11 згаданих вище. Серед цієї кількості є й поки що невідомі, але перспективні конструкції обладнання. Їх можна знайти за допомогою новітніх інформаційних технологій із застосуванням сучасних ЕОМ.

Проте генерування нових конструкцій обладнання для ОМТ за допомогою ЕОМ – це вже інша досить складна задача, яку буде розглянуто у наступному.

Список літератури: 1. Залесский В.И. Оборудование кузнечно-прессовых цехов. – М.: Высшая школа, 1964. – 599 с. 2. Зимин А.И. Машины и автоматы кузнечно-штамповочного производства: Часть 1. Молоты. – М.: Машгиз, 1953. – 459 с. 3. Штампы для горячего деформирования металлов / Под ред. проф. М.А.Тылкина. – М.: Высшая школа, 1977. – 496 с. 4. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для машиностроительных вузов / А.Н.Банкетов, Ю.А.Бочаров,

Н.С.Добринский и др. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с. 5. Автоматизация поискового конструирования (искусственный интеллект в машинном проектировании) / А.И.Половинкин, Н.К.Бобков, Г.Я.Буш и др. – М.: Радио и связь, 1981. – 344 с.

Bibliography (transliterated) 1. Zalessky W.I. Oborudovanie kuznechno-pressowych zechov. – Moscow: Vysshaja schkola. 1964. – 599 p. 2. Zimin A.I. Machinery and автоматы of Kuznechno-shtampovochного proizvodstva: Chastj 1. Moloty.. – Moscow: Mashgiz, 1953. – 459 p. 3. Shtampy dlja goryachego deformirovanija metallov./Pod red.prof. M.A.Tylkina.. – Moscow: Vysshaja schkola. 1977. – 496 p. 4. Kuznechno-shtampovochное oborudovanie: Uchebnik dlja machinostroitelnyh vuzov A.N.Banketov i dr.. – 2-е изд, – Moscow: Machinostroenie. 1982. – 576 p. 5. Avtomatizatsija poiskovogo konstruirovaniija (iskusstvennyj intellect v maschinnom proektirovanii) / A.I.Polovinkin i dr. – Moscow: Radio i svjaz, 1981. – 344 p.

Надійшла (received) 29.11.2014

УДК 621.771.01

С. В. ЕРШОВ, докт. техн. наук, проф., ДГТУ;
С. Н. МЕЛЬНИК, канд. техн. наук, гл. калибровщик, ПАО «ДМКД»;
К. Г. ГЕЙМУР, и. о. начальника сортопрокатного цеха, ПАО «ДМКД»;
Е. А. КРАВЧЕНКО, аспирант, ДГТУ, Днепродзержинск

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОКАТКЕ ШВЕЛЛЕРА

Несмотря на большое количество экспериментальных исследований швеллеров, закономерности поведения металла при прокатке в калибрах швеллерной формы изучены недостаточно. Изложены результаты сопоставления данных экспериментального и теоретического исследования деформированного состояния швеллера при прокатке в 9 клетки среднесортного стана 350 ПАО «ДМКД». Рассмотрено и проанализировано формоизменение металла в различных сечениях раската. Установлено наличие значительной неравномерности распределения уширения и вытяжки в очаге деформации, установлены закономерности их распределения.

Ключевые слова: деформация, фланцевые профили, швеллер, калибр, течение металла.

Введение. Профили, оси отдельных элементов которых расположены под некоторым углом (чаще всего 90°) к соединяющей их части, называются фланцевыми [1]. К таким профилям относятся балки, швеллеры, рельсы, тавровые профили, колонные балки и некоторые другие [2]. Форма этих профилей значительно отличается от формы заготовки, поэтому их невозможно получить путем применения равномерного обжатия раската [3]. К калибровке фланцевых профилей предъявляются высокие требования. От её совершенствования во многом зависит производительность прокатных станов, срок службы оборудования, а также качество и себестоимость продукции.

Анализ последних исследований и литературы. Швеллеры прокатывают на рельсобалочных и сортовых станах различного типа, в