

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**Збірник тез доповідей
Міжнародної науково-технічної конференції
«МАШИНИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ
МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ»**

20–22 жовтня 2020 року

м. Запоріжжя

УДК 378:001.891

T39

*Рекомендовано до видання Вченою радою
Національного університету «Запорізька політехніка»
(Протокол №3/20 від 19.10.2020 р.)*

Упорядник Ленок А.А.

Редакційна колегія:

Наумик В. В., д-р техн. наук, професор (відпов. ред.)

Прушківський В. Г., д-р екон. наук, професор

Кузькін О.Ф., канд. техн. наук, доцент

Глушко В.І., канд. техн. наук, доцент

Климов О.В., канд. техн. наук, доцент

Антонов М.Л., канд. техн. наук, доцент

Савченко В.О., канд. техн. наук, доцент

Кабак В.С., канд. техн. наук, доцент

Касьян М.М., канд. техн. наук, доцент

Корольков В.В., канд. екон. наук, доцент

Дедков М.В., канд. іст. наук, доцент

Васильєва О.О., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Пуцина І.В., канд. пед. наук, доцент

Філей Ю.В., канд. юр. наук, доцент

Гайворонська Т.О., канд. філос. наук, доцент

Сажнев В. М., канд. техн. наук, доцент

Висоцька Н. І., начальник патентно-інформаційного відділу

T39

Міжнародна науково-технічна конференція «Машини та технології обробки матеріалів тиском» Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, Запоріжжя, 20-22 жовтня 2020 р. [Електронний ресурс] / Редкол. : В. В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана.

ISBN 978-617-529-291-4

Зібрані тези доповідей, заслуханих на Міжнародній науково-технічній конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів. Збірка відображає широкий спектр тематики наукових досліджень серед машин та технологій обробки матеріалів тиском Збірка розрахована на широкий загал дослідників та науковців.

ISBN 978-617-529-291-4

© Національний університет
«Запорізька політехніка»
(НУ «Запорізька політехніка»),
2020

ЗМІСТ

<i>Широкобоков В.В., Дубина В.І., Дия Х., Кнапинський М., Тимохін Д.Г. Дослідження товстолистової пробивки.....</i>	<i>5</i>
<i>Широкобоков В. В., Чиженков Є. Д. Дослідження способів виготовлення деталей складної форми з алюмінію за допомогою операцій видавлювання.....</i>	<i>9</i>
<i>Матюхін А. Ю., Обдул Д. В. Ресурсозберігаюче виробництво легованих марок сталей.....</i>	<i>12</i>
<i>Горностаї В. М., Ситник С. В., Кисіль Д. І., Скрипнікова В. О. Тепловий ефект при холодному видавлюванні порожнистих виробів з роздачою при різній швидкості руху робочого інструменту.....</i>	<i>14</i>
<i>Бень А. М., Кіріченко Т.В. Типи біметалів та способи їхнього отримання.....</i>	<i>20</i>
<i>Ленок А. А., Виновець О. В. Дослідження технології виготовлення крутозагнутих відводів трубопроводу.....</i>	<i>22</i>
<i>Окунь А. О. Розвиток об'ємного холодного штампування.....</i>	<i>24</i>
<i>Кузьменко В. І., Окунь А. О., Пірожніков Д. М. Програмне забезпечення для автоматизації аналізу результатів моделювання процесів обробки тиском.....</i>	<i>26</i>
<i>Кузьменко В. І., Окунь А. О., Пірожніков Д. М. Холодне видавлювання матриць для обрізки головок шестигранних болтів.....</i>	<i>29</i>
<i>Клімьонов М. В., Чухліб В. Л. Розгляд конструкції профілезгинального стану.....</i>	<i>32</i>
<i>Чухліб В. Л., Губський С. О., Стрельцов Р. В. Візуалізація відображення результатів випробувань на універсальній випробувальній машині УВМ-50.....</i>	<i>34</i>
<i>Осінов М. Ю., Капустян О. Є., Андрущенко М. І., Бриков М. М., Акритова Т. О., Фетісов Р. Ю. Дослідження ступеня</i>	

розчинності твердої фази в металевій матриці порошкових карбідосталей.....	36
<i>Баглай А. В.</i> Зв'язок вібраційних процесів в устаткуванні з технологією гарячої прокатки.....	37
<i>Бень А. М., Бровченко І. С.</i> Особливості штампування титанових сплавів.....	40
<i>Чухліб В. Л., Дуванський О. М.</i> Дослідження формозміни металу при куванні поковок корпусів насосів з корозійностійких сталей.....	42
<i>Шмельов В. М., Голованіч О. С., Сергеев А. О.</i> Шорсткість обробленої поверхні робочих деталей розділових штампів за умов використання способу розмірної обробки електричною дугою.....	44
<i>Широкобокова Н. В., Капустян О. Є., Плєскач В. М., Рижова О. В.</i> Дослідження впливу гранулометричного складу шихти на властивості сплаву ВТ1-0.....	46
<i>Маляревич І. О., Акімов І. В.</i> Прогнозування властивостей графітізованих сталей при визначених умовах експлуатації....	48
<i>Веренев В. В., Подобєдов Н. І.</i> Математичне моделювання перехідних процесів при прокатці зварних швів підвищеної товщини.....	51
<i>Обдул В. Д., Малкіна О. В.</i> Підвищення ефективності процесу зворотнього видавлювання.....	54
<i>Обдул В. Д., Ленєк А. А., Малкіна О. В.</i> Обладнання для зворотнього видавлювання.....	57
<i>Подобєдов Н. І.</i> Особливості динаміки захоплення заготовки валками у повздовжній прокатці.....	61

УДК 621.983.3

Широкобоков В.В.¹, Дубина В.І.², Дия Х.³, Кнапинський М.³, Тимохін Д.Г.⁴

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

² канд. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

³ д.т.н., проф., Ченстоховський політехнічний університет, Ченстохова, Польща

⁴ магістрант НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОВСТОЛИСТОВОЇ ПРОБИВКИ

У конструкціях сучасних машин і устаткування, апаратури, приладів, засобів механізації та автоматизації все частіше доводиться застосовувати деталі з підвищеними вимогами до точності геометричних розмірів і чистоти виготовлення робочих і декоративних поверхонь. Наприклад, таких як: отвори під болтові кріплення в конструкції літальних апаратів, кріпильні отвори коліс автомобільних засобів, отвори для електротехнічних плат і т.і. Для більшості деталей, одержуваних за допомогою розділових операцій, поверхня поділу, що складається із зони блискучого пояску (пластичної деформації) і зони сколювання (крихкого руйнування), цілком задовольняє вимогам виробництва деталей з тонколистового металу. Великим недоліком при вирубуванні і пробиванні штаб середньої і великої товщини, з товщиною 6 мм і більше, є низька якість поверхні зрізу, що представляє собою вигнутий конічний скол з надривами і завусінцями. У ряді випадків виготовлення штампованих деталей підвищеної точності (4, 3 і 2-го класу) потрібна гладка і перпендикулярна поверхня зрізу з шорсткістю поверхні до 8-го класу ($Ra = 0.63$ мкм, $Rz = 3,2$ мкм).

В теперішній час отримання якісних отворів здійснюється найчастіше механічною обробкою (свердлінням в кілька переходів, zenкуванням, розгортанням та ін.), або різними новітніми методами.

Існують декілька сучасних методів отримання отворів.

Метод гідроабразивного різання - альтернатива не тільки механічного, але і лазерного, плазмового, електроіскрового і кисневого різання, а при необхідності обробки матеріалів, що не терплять температурного впливу, є найбільш ефективним і універсальним зі споріднених методів. Аналіз літератури доводить, що шорсткість поверхні після гідроабразивного різання в діапазоні: $Ra = 2,05-10,4$ мкм, $Rz = 12,6 - 42,3$ мкм не задовольняє вимогам деталей с шорсткістю поверхні зрізу до 8-го класу.

До числа перспективних процесів поділу матеріалів слід віднести лазерне різання металів, засноване на процесах нагрівання, плавлення, випаровування, хімічних реакціях горіння та видалення розплаву із зони різання.

З аналізу процесу можна зробити наступні висновки:

1. При товщині листа до 10 мм, шорсткість поверхні $RZ = 36,42 - 58,79$ мкм, що не відповідає вимогам деталей з шорсткістю поверхні до 8-го класу.

2. Недостатньо вивчені механізми утворення шорсткості, для матеріалів з товщиною 10мм і більше. З великим відношенням товщини пластини до ширини різку якість різку сильно знижується.

3 метою спрощення технологічного процесу і здешевлення виробництва пропонується використання електрогідроімпульсного штампування для виконання операції перфорування отворів в деталях. Шорсткість перфорованих отворів не перевищує $Ra = 5$ мкм. Досліджень для отримання отворів, з товщиною більше 2 мм проведено не було.

Електроерозійна обробка заснована на законах ерозії (руйнування) електродів зі струмопровідних матеріалів при пропущенні між ними імпульсного електричного струму. Електроерозійний метод дозволяє отримувати дуже якісний і чистий різ, але продуктивність низька, а вартість витратних матеріалів і устаткування висока.

Плазмова різка має високу продуктивність, дозволяє розкрюювати метали товщиною до 300 мм, але якість різку дуже груба, оплавлюється кромка різку, точність різку невисока.

Лазерне різання ефективне для товщини матеріалу до 20 мм. При товщині листа 10 мм і більше, шорсткість поверхні $RZ = 36,42 - 58,79$ мкм, що не відповідає вимогам деталей з шорсткістю поверхні до 8-го класу.

Кожен з цих методів різання ефективний для вузького діапазону завдань. Тому є необхідність розглянути способи вирубкування-пробивання матеріалів, з товщиною 10 мм і більше, що забезпечують необхідну якість при використанні простого оснащення.

Після аналізу сучасних методів отримання отворів були розглянуті деякі способи вирубкування-пробивання товстолистових матеріалів, виготовлене оснащення і проведені експерименти.

Один з них це пробивання з використанням елементів об'ємного деформування. Даний спосіб передбачає утворення фасок в листовому матеріалі методом штампування. Поглиблення, отримані формуванням, запобігають появі задирок при пробиванні отворів.

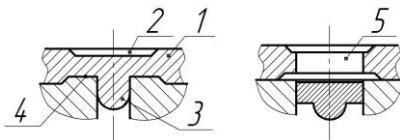


Рисунок 1 – Вирубкування з попереднім формуванням

Сутність способу в тому, що в результаті формування фаски в листовому матеріалі 1 (рисунок 1) утворюється поглиблення 2. Також

утворюється стрижень 3 з матеріалу, що видавлюється. Одночасно формується додаткове поглиблення 4 навколо стрижня що видавлюється. Потім пробивається отвір 5, с діаметром більшим, ніж діаметр стрижня.



Рисунок 2 – Фотографія пробитого отвору

Наступний спосіб це пробивання отворів за допомогою карбування зон навколо отворів.

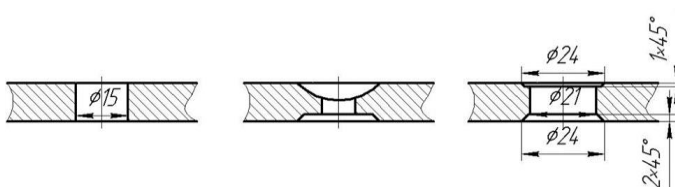


Рисунок 3 – Позиції пробивання отвору за допомогою карбування зон навколо отвору

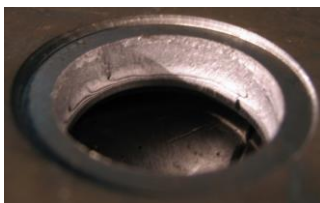


Рисунок 4 – Фотографія пробитого отвору

Було розглянуто ще один спосіб вирубування-пробивання із зачищенням отвору.

Суть цього способу полягає в тому, що вирубний пуансон має уступ висотою менше глибини вдавнення пуансона, до утворення відколу.

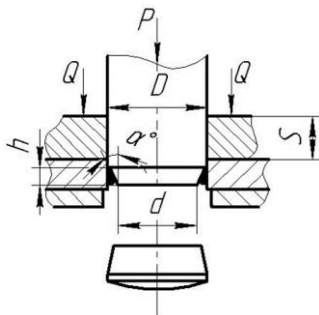


Рисунок 5 – Схема пробивання із зачищенням



Рисунок 6 – Фотографія пробитого отвору

Розглянуті методи вирубубання-пробивання отворів товстолистових матеріалів: пробивання отворів за допомогою ступеневого пуансона; чистове вирубубання з поперечною осадкою заготівлі, чистове вирубубання з нагріванням заготовки, реверсивний спосіб чистової вирубубки і інші.

Жоден з них не дав можливість отримати блискучий поясок по всій товщині металу, тобто гладку і перпендикулярну поверхню зрізу з шорсткістю поверхні до 8-го класу в матеріалі з товщиною 10 мм і більше, без додаткових механічних операцій.

Тому розробка нових способів пробивання отворів штаб з товщиною 10 мм і більше, що забезпечують необхідну якість при використанні простого оснащення, є актуальною.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вишневский Н.С., Грачев Б.М. Опыт внедрения чистовой вырубки. Кузнечно-штамповочное производство. - 1986 №4.
2. Хтайк С.В. Чистовая пробивка толстолистого материала с предварительным созданием концентраторов напряжений. Кузнечно-штамповочное производство. - 2008. - №2. С. 24-26.

3. Романовский В.П. Пробивка и вырубка толстолистовой стали в холодном и горячем состоянии. Кузнечно-штамповочное производство. - 1975. - №7. - С.22-25.

4. Сичук Ю. Т. Дослідження механізму розділення при пробивці гарячекатаної маловуглецевої сталі рифленими пуансонами /Ю. Т. Сичук, В. В. Чигиринський //Вісник НТУ «ХПІ»; сб. наук. пр: Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. - Харків : НТУ «ХПІ», 2011. - № 46. - С. 77-82.

5. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/ Под ред. Л.И. Рудмана – М.: Машиностроение. 1988. – 486с.

УДК 621.983.3

Широкобоков В. В.¹, Чиженков Є. Д.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

² магістрант НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ З АЛЮМІНІЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ОПЕРАЦІЙ ВИДАВЛЮВАННЯ

Основними способами отримання циліндричних порожнистих виробів складної форми є: видавлювання, витяжка або механічна обробка.

Механічний спосіб виготовлення порожнистих виробів забезпечує отримання деталей високої точності і якості поверхні. Останнім часом в області механічної обробки металів були досягнуті великі успіхи: стало, наприклад, можливим завдяки використанню верстатів з програмним керуванням виготовити найскладніші вироби з високим ступенем точності при незначних втратах на брак. Однак процес різання металів досі є процесом дорогим та трудомістким, при якому значна кількість металу іде в стружку, і досить великі витрати електроенергії і людської праці. В зв'язку з цим механічний спосіб не може бути рекомендований при масовому випуску порожнистих виробів середніх і тим більше великих розмірів діаметром 80-200мм.

Сучасний стан розвитку економіки вимагає збільшення продуктивності виробництва, зниження собівартості, застосування нових матеріалів і технологій. Все це пов'язано з впровадженням нових економічних способів виготовлення порожнистих виробів. Таким прогресивним способом, що дозволяє отримувати порожнисті вироби, різні за складністю форми та габаритними розмірами, є холодне видавлювання.

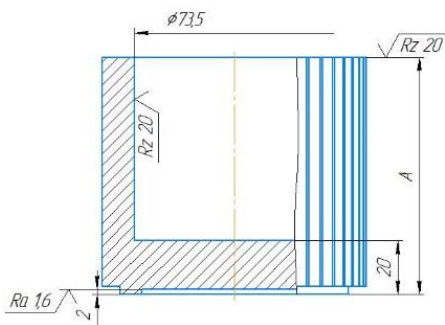


Рисунок 1 – Креслення деталі сердечник

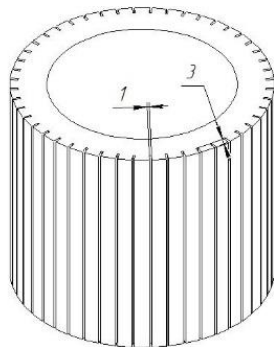


Рисунок 2 – Фотографія отриманих пазів за допомогою механічної обробки

Порівняння процесів механічної обробки та видавлювання проводили на деталі сердечник із алюмінію (АД31 ГОСТ 4784-97), яка зображена на рисунку 1. Необхідно було отримати 48 пазів (ширина 1мм, глибина 3мм). Висота деталі 90мм.

Механічна обробка здійснювалась на фрезерному верстаті з ЧПК. Пази на одній деталі виготовлялись на протязі однієї години.

Через властивості матеріалу що обробляється під час виготовлення пазу підвищувалась температура як матеріалу так і інструменту. В результаті по всій довжині паз мав відхилення від геометричних розмірів. Після нарізання всіх 48 пазів ще додалися суттєві відхилення по кроку між пазами (рисунок 2).

Для отримання пазів за допомогою операції видавлювання була спроектована та виготовлена експериментальна матриця (рисунок 3, 4) зі змінним кутом нахилу робочої частини.

Заготовка прошовувалась крізь робоче вікно матриці (рисунок 4) і одночасно видавлювались 48 пазів. Операція здійснювалась на гідравлічному пресі.

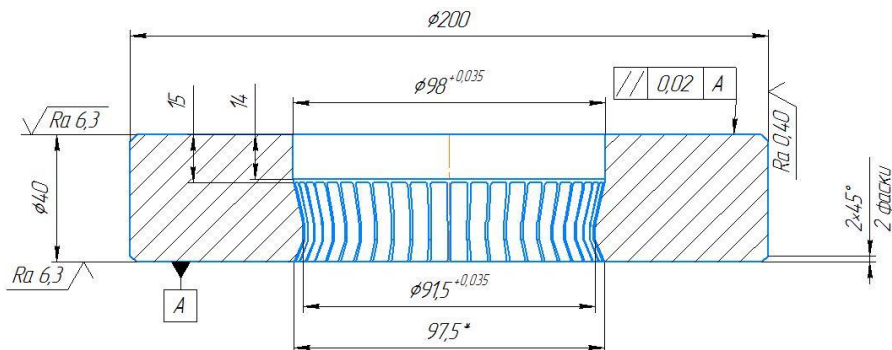


Рисунок 3 – Креслення експериментальної матриці



Рисунок 4 – Експериментальна матриця



Рисунок 5 – Фотографія отриманих пазів за допомогою видавлювання

В даному випадку холодне видавлювання має переваги в порівнянні з механічною обробкою. Основна перевага полягає в тому, що впровадження цієї технології дозволяє усунути повністю або ж знизити до мінімуму втрати металу в відходи, наприклад, стружку. Холодне видавлювання дозволяє досягти за одну операцію виключно велику міру деформації (до 99%), знизити трудомісткість і собівартість деталей за рахунок скорочення кількості операцій і залученого обладнання, збільшити продуктивність праці завдяки комплексній механізації і автоматизації процесу. Чистота поверхні деталі після видавлювання коливається від 1 до 6мк. Безумовно, що поряд з певними перевагами цьому процесу властиві і недоліки: обмеженість числа

сплавів, що піддаються обробці холодним видавлюванням (особливо для деталей складної форми) та великі питомі зусилля деформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Эверхарт Д. Холодное прессование. М. Машиностроение, 1968. – 145с.
2. Евстратов В.А. Оптимизация технологических процессов и конструкций штампов для холодного и полугорячего выдавливания. М. ВНИИ-ТЭМП, 1989. – 192с.
3. УИК Обработка металлов без снятия стружки. М. Мир, 1980. – 250с.
4. Алифанов А.В., Захаревич Л.В., Макушок Е.М., Оленин Л.Д. Технологические процессы пластического деформирования в машиностроении. Минск. Наука и техника, 1989. – 208с.

УДК 621

Матюхін А. Ю.¹, Обдул Д. В.¹

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧЕ ВИРОБНИЦТВО ЛЕГОВАНИХ МАРОК СТАЛЕЙ

Формування якості поковок багато в чому визначається оптимальністю обраної технології кування, яка залежить від технологічних можливостей і виробничого досвіду конкретного підприємства-виготовлювача.

В умовах ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» основна маса технологічних процесів отримання поковок включає в себе осаджування і протягання, що необхідно для отримання високих значень укова в виробі і забезпечення високого рівня його механічних властивостей. Після осаджування заготовка, як правило, має незначну висоту. Протягання осаджених заготовок здійснюється з малими відносними обтисканнями і подачами. Це обумовлює деформування тільки периферійних шарів заготовки, в результаті, як наслідок, утворюються напливи на торці заготовки, які при подальшому протяганні трансформуються спочатку в утяжини, а після при великих уковах можуть трансформуватися в свищі на торцях поковки, що є невірним браком і вимагає при створенні технології передбачати додаткові напуски на торець поковки. Також в зв'язку з тим, що найбільші деформації по перетину зосереджені у периферійних шарів заготовки, що при подальшій термічній обробці це може привести до структурної неоднорідності і неоднорідності механічних властивостей.

У виробництві з таким явищем можуть боротися використанням спеціальних увігнутих сферичних осадових плит. Торці заготовки після осідання такими плитами будуть опуклими, що буде компенсувати при протяганні наплив металу в периферійних шарах заготовки.

З усіх операцій вільного кування найбільш трудомісткою є протяжка, яка становить в більшості випадків до 60% всього часу кування. Її скорочення істотно знижує витрату енергоносіїв при нагріванні заготовки під ковку. Крім непрямих факторів, що впливають на скорочення часу протягання (час транспортування, установки бойків, кантування) існують чинники, що впливають на час самої деформації металу.

До них відносяться допустима і необхідний ступінь деформації за хід преса, подача, форма поверхні бойків, послідовність кутів кантування. Очевидно, що кування на плоских бойках є менш продуктивним, так як обтиснення поковки в них відбувається тільки по двох поверхнях. При куванні в вирізних бойках обтиснення виконується одночасно по чотирьох поверхнях, тому воно є більш продуктивним.

У дрібносерійному і одиничному виробництві, яким є ковальське виробництво ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ», застосування вирізних бойків непродуктивно, так як виконується також осаджування та інші кувальні операції часто в різній послідовності, що вимагає частой зміни інструменту, збільшує час на переналагодження і знижує продуктивність.

Для такого виробництва продуктивніше використання комбінованих бойків (один, як правило, верхній – плоский бойок, інший, нижній – вирізний бойок). Продуктивність процесу в цьому випадку нижче, ніж в разі роботи вирізними бойками, але при переналадці преса заміні підлягає тільки один бойок.

Особливість протягання комбінованими бойками полягає в тому, що деформування металу уздовж поздовжньої осі заготовки під верхнім і нижнім бойками відбувається неоднаково, що може викликати вигин заготовки в сторону вирізного бойка і вихід осьової зони заготовки в поверхневі шари поковки. Доцільно виконати геометричне моделювання протягання циліндричної заготовки в комбінованих бойках.

Одне з важливих напрямків вдосконалення процесу кування – це повна або часткова автоматизація процесу. Часткова автоматизація процесу кування – це передача найменш продуктивних операцій (прогладжування, забивання кутів) з кувального комплексу на окремий більш продуктивний агрегат (наприклад, кувальний комплекс меншої продуктивності або прокатний стан).

Порівняльний аналіз частки часу, що йде на допоміжні операції загалом за весь цикл кування злитку, а він коливається в межах 21-31%, і частки часу, що йде на допоміжні операції кування на останньому чистовому виносі. В

останньому випадку частка часу допоміжних операцій коливається в межах 32-41%, тобто з наближенням до чистового кувального розміру обсяг допоміжних операцій зростає.

Для усунення вказаних проблем запропонований раціональний ресурсозберігаючий технологічний процес пластичної формозміни і спосіб кування великих поковок з легованих, нержавіючих сталей і сплавів на гідропресах, і напрямків їх оптимізації, який полягає у передачі виконання допоміжних операцій пластичного деформування (білетирування, прогладжування) з кувального комплексу на прокатну кліть для підвищення коефіцієнта використання виробничих потужностей обладнання. Прокатна кліть може бути встановлена в одній лінії з кувальним комплексом. Прогладжування сорту в прокатній кліті дозволить істотно знизити припуски на механічну обробку, що в свою чергу значно підвищить продуктивність ад'юстантних ділянок і вихід придатної товарної продукції.

Аналіз технологічного процесу показав, що середнє по масиву значення часу прогладжування в останньому чистовому виносі на одну штангу складає 257 с, тобто передача виконання прогладжування на прокатний стан дає можливість використати цей час на продуктивну роботу кувального комплексу на основних кувальних операціях.

Виконано прогнозування зростання продуктивності технологічного процесу отримання кованих циліндричних прутків в разі застосування технологічної лінії «кувальний комплекс – прокатний стан».

УДК 621.777.4

Горностаї В. М.¹, Ситник С. В.², Кисіль Д. І.², Скрипнікова В. О.³

¹ канд. техн. наук, доц. НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», м. Київ, Україна

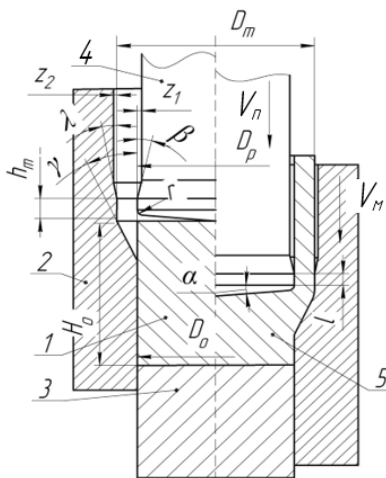
² магістрант НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», м. Київ, Україна

³ студент НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», м. Київ, Україна

ТЕПЛОВИЙ ЕФЕКТ ПРИ ХОЛОДНОМУ ВИДАВЛЮВАННІ ПОРОЖНИСТИХ ВИРОБІВ З РОЗДАЧОЮ ПРИ РІЗНІЙ ШВИДКОСТІ РУХУ РОБОЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

В сучасних умовах, коли з'являється можливість реалізації нових схем отримання порожнистих виробів холодним об'ємним штампуванням, яке має ряд переваг [1-2], але ці процеси характеризуються значними питомими напруженнями на деформуючому інструменті та значним виділенням тепла в результаті пластичного деформування. Якщо питомі напруження, що діють на інструменті досліджені в роботах [3-5], то дані пов'язані з визначенням теплового ефекту в процесах холодного об'ємного штампування в залежності від різних факторів та його впливу на деформуючий інструмент, а саме

Розрахункова схема процесу зворотного холодного видавлювання з роздачою показана на рис. 1. В роботі була використана скінченна - елементна програма DEFORM 2D3D. Деформуючий інструмент приймаємо абсолютно жорстким, матеріал заготовок вважаємо пружно-пластичним з урахуванням зміцнення. Це дозволяє визначити кінцеві форму і розміри виробів з урахуванням пружних деформацій, а також провести моделювання процесів виймання інструменту з заготовки та виштовхування її з матриці в кінці процесу видавлювання. Врахування впливу сил тертя здійснюємо по закону Кулона. Коефіцієнтом тертя μ приймаємо 0,08. Швидкість деформування приймаємо буде змінною див. таблицю 1.



знімання виробу можна здійснити за допомогою кільця, яке пов'язане з нижньою плитою штампа.

В таблиці 1 наведено виконавчі розміри пуансону, матриці та швидкості їхнього руху, вплив яких, буде досліджено в даній роботі, на температуру заготовки при зворотному холодному видавлюванні з роздачою.

Таблиця 1. Виконавчі розміри інструменту та заготовки для чисельних експериментів

D_m	50 мм	50 мм
D_p	25 мм	30 мм
H_o	50 мм	50 мм
D_o	40мм	40мм
$\gamma = \lambda$	30°	30°

Розміри торця конусного пуансона для зворотного холодного видавлювання з роздачою мали незмінні наступні розміри: $\alpha = 7^\circ$, $r = 2$ мм, $z = z_I = 0,15$ мм, $\alpha = 5^\circ$, $l = 2$ мм. Матриця для зворотного холодного видавлювання з роздачою мала незмінний розмір: $h_m = 6$ мм. Необхідно визначити температуру заготовки, закономірності зміни силових режимів, та кінцеву геометрію виробу. Швидкості руху робочого інструменту (пуансону V_p та матриці V_m) зведено в таблицю 2.

Таблиця 2. Швидкості руху робочого інструменту

V_p , мм/с	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
V_m , мм/с	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7

При збільшенні швидкості матриці, спостерігається зменшення загального зусилля видавлювання при постійній швидкості пуансону 2 мм/с. Залежність максимального зусилля видавлювання з роздачою в залежності від швидкості руху пуансону та матриці представлено на рис.2 (*a*-в залежності від швидкості руху пуансону, *б* – в залежності від швидкості руху матриці).

На рис. 3 наведено розподіл температури в об'ємі заготовки. На рис. 4 представлено залежності максимальної температури виробу від швидкості руху робочого інструменту. Як було сказано, максимальна температура 395°C спостерігається при швидкості 7 мм/с. Збільшення швидкості пуансону в межах від 2мм/с до 4 мм/с температура в осередку деформації збільшується майже в 2 рази – з 190°C до 360°C. Вплив швидкості матриці на температуру заготовки має інший характер - максимальна температура 225°C спостерігається при швидкості руху матриці 1.8-2 мм/с. Подальше

збільшення швидкості не призводить до розігріву заготовки та відповідно робочого інструменту.

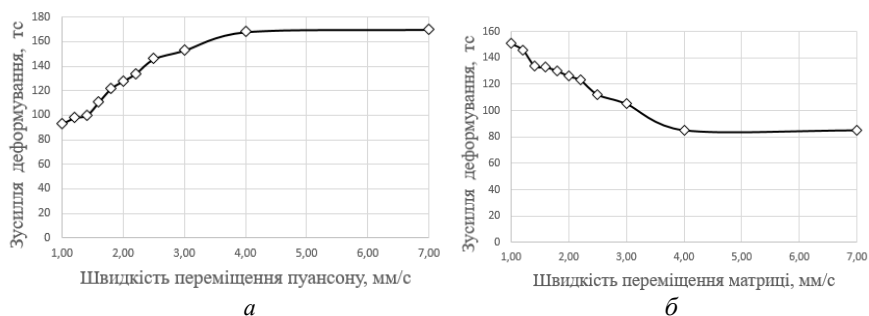


Рисунок 2 – Залежність максимального зусилля деформування від різних швидкостей руху: а- пуансону, б-матриці

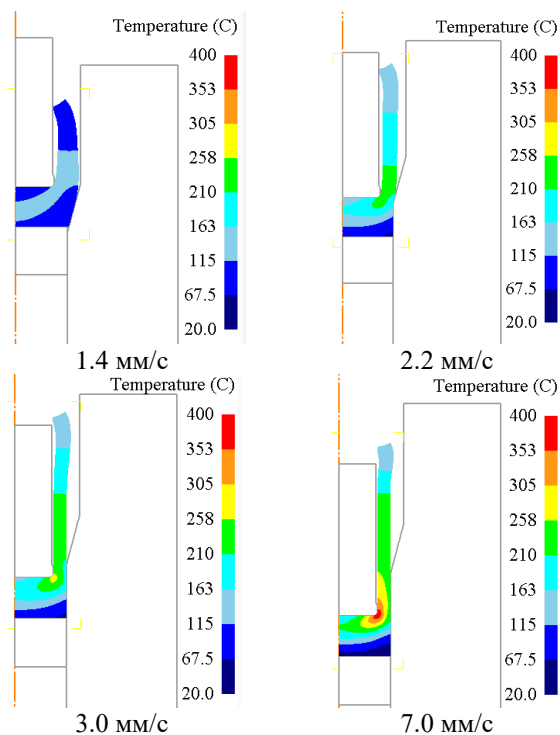


Рисунок 3 – Розподіл температури по об'єму заготовки при різних швидкості пуансону

Залежність температури від відносної швидкості $V_b = 1$ для різної швидкості матриці та пуансону представлено на рис. 5.

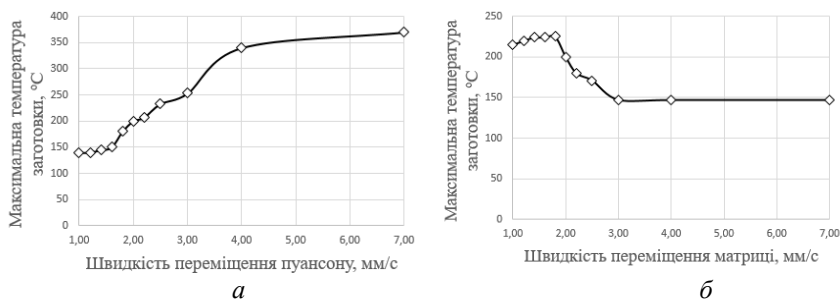


Рисунок 4 – Залежність максимальної температури заготовки в осередку деформування від різних швидкостей руху: *а*- пуансону, *б*-матриці

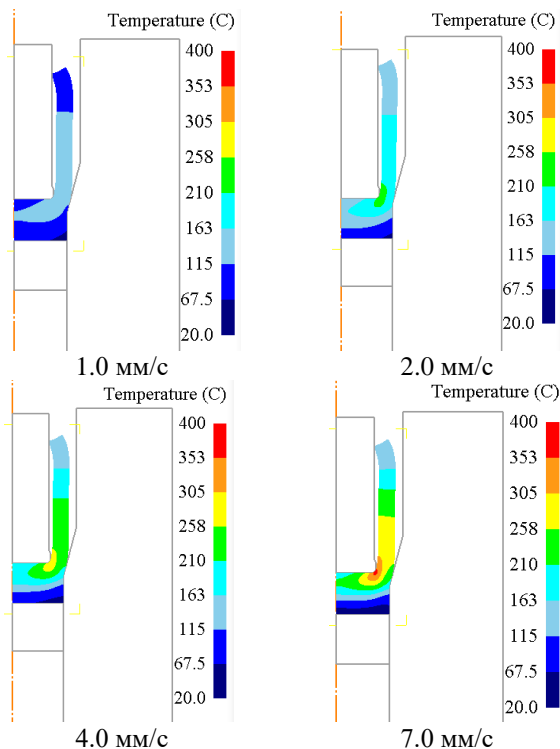


Рисунок 5 – Розподіл температури по об'єму заготовки при відносній швидкості $V_b = 1$

Як видно збільшення швидкості робочого інструменту призводить до значного підвищення температури заготовки до 400°C, що потребує наявності додаткових заходів для охолодження робочого інструменту при розробці технологічних процесів. Тоді як при малих швидкостях (до 2мм/с) максимальна температура в осередку деформації не перевищує 210°C.

В роботі наведено результати проведених чисельних експериментів з використанням методу скінченних елементів в програмному комплексі DEFORM 3D з дослідження процесу холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів з роздачою. Визначено силові режими та отримані закономірності розподілу температури в об'ємі заготовки. Визначено теоретичним шляхом залежність максимальної температури від швидкості робочого інструменту (пуансону та матриці), розглянуто вплив співвідношення цих швидкостей на температуру заготовки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Холодная объемная штамповка. Справочник. / Под ред. Г.А. Навроцкого. - М.: Машиностроение, 1973, - 496 с.
2. Ковка и штамповка. Справочник. В 4-х т.; т. 3. Холодная объемная штамповка / Под ред. Г.А. Навроцкого. – М.: Машиностроение, 1987. -384 с.
3. Алиева Л.И. Способы снижения сил деформирования при холодном выдавливании / Алиева Л.И., Чучин О.В, Гнездилов П.В, // Вісник ХНТУ Серія Інженерні науки, №1 (56), 2016р. с. 18-25.
4. Алиев И.С. Технологические процессы выдавливания с раздачей / И.С. Алиев, О.В. Чучин, А.А. Носаков // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр.-Краматорськ: ДДМА, 2003.-С. 328-334.
5. Потятиник А.М. Аналіз впливу параметрів процесу холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів з роздачою / Потятиник А.М., Горностай В.М., Сабол С.Ф. // Вісник НТУ «ХП», Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудування та металургії, Харків, 2017, № 37 (1259). - С. 66-71.
6. Третьяков А.В. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением / А.В. Третьяков, В.И. Зюзин // 2-е изд.– М.: Металургия, 1973-224.
7. Deform-3D – мощная система моделирования технологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tesis.com.ru/software/deform>.
8. Горностай В.М. Тепловий ефект при холодному видавлюванні порожнистих виробів. / Горностай В.М., Сабол С.Ф., Потятиник А.М. // ISSN 22519-2671. Вісник НТУ «ХП». 2016. № 30 (1202). – с. 26-32.

ТИПИ БІМЕТАЛІВ ТА СПОСОБИ ЇХНЬОГО ОТРИМАННЯ

Сучасна техніка стає все більш досконалою. Відповідно, і матеріали стають максимально якісними, із особливим комплексом властивостей. Широке застосування сьогодні знайшли шаруваті металеві композити, які відрізняються високою міцністю, корозійною стійкістю, довгим терміном служби.

Одним з шарів у таких матеріалів найчастіше є недорога сталь. Другий же шар при цьому виготовляється з дорогих кольорових або навіть благородних металів. Використовуються композити цього різновиду зазвичай тоді, коли необхідно надати виробу особливі властивості. Застосування таких матеріалів в різних сферах допомагає економити на коштовних металах.

Біметал – це композит, що складається найчастіше з двох шарів (рис. 1). Шар дешевої сталі в біметалах називається основним. Шар дорогого ж матеріалу – плакуючим.

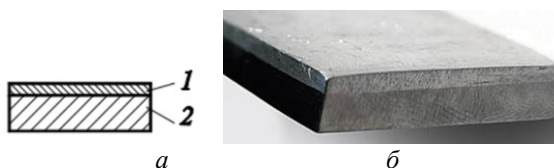


Рисунок 1 – Двошарова біметалева заготовка: *а* – схема складання біметалевої заготовки в пакет (1 - основний шар; 2 – плакуючий шар); *б* – продеформована біметалева заготовка

Робочі шари біметалевих виробів забезпечують необхідні експлуатаційні характеристики. В залежності від цього розрізняють декілька груп біметалів.

Корозійностійкі біметали. Основний шар у матеріалів цього різновиду складається з низьколегованої або низьковуглецевої сталі. Плакуючий шар ж при цьому виготовляється з нержавіючої сталі. Також цей шар може бути мідним, нікелевим, алюмінієвим. Використовуються ці метали в таких сферах промисловості, як: нафтопереробна; хімічна; харчова; суднобудування.

Антифрикційні біметали. Матеріали цієї групи в більшості випадків використовуються при виготовленні підшипників ковзання. В якості

плакуючого шару в антифрикційних біметалах використовується зазвичай бронза або алюміній. Такі матеріали відрізняються гладкою ковзаючою поверхнею. Але при цьому вони є і не дуже міцними. Тому в якості основного шару в таких біметалах використовується низьковуглецева сталь. З такого матеріалу виготовляються вкладиші підшипників.

Інструментальні біметали. Матеріали цього різновиду можуть використовуватися для виготовлення, наприклад, пил, ножів та іншого різального інструменту. Такі біметали відрізняються, крім усього іншого, підвищеною міцністю і зносостійкістю. В якості основного шару в них використовується низьковуглецева сталь. Плакуючий шар при цьому виготовляється з твердих сплавів. Також іноді його роблять і з легованої хромом сталі.

Електропровідні матеріали. Біметали цієї групи зазвичай використовуються в лініях високовольтних передач в північних регіонах. Основний шар у них виготовляється зі сталі. Плакуючий при цьому роблять з металів з хорошою електропровідністю. Найчастіше це мідь або алюміній.

Термічні біметали. Матеріали цього типу здатні згинатися при змінах температури. Один шар у таких композитів складається з металу з великим коефіцієнтом лінійного розширення. Для виготовлення такого шару в термічних композитах часто використовуються кольорові метали. Другий шар матеріалів цього типу зазвичай роблять з практично нездатного до розширення сплаву нікелю і заліза. Використовують біметали цього різновиду найчастіше для виготовлення різного роду приладів. Це можуть бути, наприклад, терморегулятори, захисні реле, термометри.

Біметал виготовляють головним чином одночасним прокатуванням або пресуванням двох заготовок різних металів або сплавів. Поширені також заливка легкоплавкого металу по тугоплавкому і занурення тугоплавкого металу в розплавлений легкоплавкий метал. При гальванічному способі шар більш цінного металу наносять електролітично.

Існуючі методи виготовлення порошкових біметалів і виробів з них за способом формування робочого шару на пористій заготовці можна розділити на наступні основні групи: отримання поверхневого шару напиленням або наплавленням на поверхню пористої заготовки; пресування вибухом, різні способи дифузійного зварювання в процесі спікання або припикання; просочення поверхневого пористого шару заготовки розплавом необхідного складу; введення в пори поверхневого шару підвищеної пористості необхідної порошкової шихти різними способами. Перспективними є методи, засновані на введенні в поверхневі пори необхідних компонентів шляхом просочення розплавом на певну глибину під час спікання або насичення поверхневого шару спеченої заготовки частинками речовин в твердому стані.

Основною перевагою є можливість отримання пористого робочого шару, який можна просочувати різними мастилами, що дозволяють покращувати антифрикційні властивості в широких межах. Для отримання безпористих біметалів найчастіше застосовують методи гарячої обробки тиском.

Сьогодні біметали - це найважливіша група промислових матеріалів з широким спектром властивостей. Застосування біметалів дозволяє істотно підвищити ефективність виробництва широкого класу деталей і устаткування для підприємств хімічної, нафтової, сільськогосподарської, транспортної, енергетичної та інших галузей машинобудування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологические особенности производства биметаллических (многослойных) отливок повышенной износостойкости / В.В. Ширяев, О.А. Пеликан, И.О. Шинский, Д.В. Глушков, Ю.Н. Романенко // Металл и литье Украины. - 2009. - № 7-8. - С. 52-56. (<http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/104319>, дата звернення 30.09.2020).
2. Применение биметаллических материалов в машиностроении / Сиротенко Л.Д., Шлыков Е.С., Абляз Т.Р. // Современные проблемы науки и образования - 2015. - № 2 (<https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20462>, дата звернення 30.09.2020)

УДК 621.774.6

Ленок А. А.¹, Виновец О. В.²

¹ ст. викл. НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

² магістрант НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ КРУТОЗАГНУТИХ ВІДВОДІВ ТРУБОПРОВОДУ

Зниження вартості виготовлення деталей та вузлів трубопроводів при збереженні технологічних характеристик готової продукції є актуальною науково-технічною задачею. Одним із шляхів вирішення цієї задачі є аналіз та удосконалення існуючих технологій виготовлення таких деталей та вузлів. Серед найбільш важливих та відповідальних деталей сучасних трубопроводів можна виділити крутозагнуті відводи, оскільки вони витримують значне навантаження та потребують періодичної заміни в ході експлуатації трубопроводу.

Виконаний критичний аналіз технологій виготовлення крутозагнутих відводів виявив, що вони поряд із перевагами мають недоліки [1, 2]. До однієї

з перспективних технологій виготовлення відносять метод прошовування трубної заготовки через філь'єру матриці з криволінійною віссю [3].

З метою дослідження можливості здійснення такої технології розроблено та виготовлено оснащення для формоутворення крутозагнутих відводів без використання наповнювача, або жорсткої оправки. Розроблена тривимірна модель складальної матриці, здійснено вибір конструкції, розмірів та матеріалу оснащення [4].

Для проведення експериментальних досліджень використані зразки у вигляді трубних заготовок. На зовнішню та внутрішню поверхні заготовки попередньо наносилась сітка 6х6 мм, яка дозволяє визначити зони інтенсивності течії металу, напружено-деформований стан, тощо.

Для проведення досліджень використовувались трубні заготовки зі Ст. 3, механічні властивості в стані поставки, розмірами $\varnothing 33,5 \times 2,5 \times 130$ мм; кут гнуття трубних заготовок $\alpha = 90^\circ$; радіус гнуття: $R = 2D$; інструмент – штамп для гнуття трубних заготовок; устаткування – гідравлічний прес ПГ-100А; метод гнуття – прошовування через криволінійний отвір матриці у штампі.

Проведені досліді щодо виявлення наявності дефектів та проблем, які можуть виникнути в процесі формоутворення крутозагнутих відводів.

Проведено оцінку деформації після закінчення дослідів. Для цього використано метод сіток: після прошовування трубних заготовок проведено вимірювання відстані між нанесеними рисками, визначені величини подовження та зменшення довжини стінок трубної заготовки у III зоні.

В результаті проведених дослідів отримані графічні залежності, за якими можна зрозуміти характер подовження та зменшення довжини стінки трубної заготовки в різних місцях гнуття.

Аналізуючи графіки, можна встановити визначену закономірність змінення деформації на різних ділянках трубної заготовки у процесі прошовування при різних натягах.

Проведено розрахунок товщини стінок трубної заготовки на внутрішній, боковій та зовнішній поверхні, а також між ними. По визначених точкам товщина змінювалась пропорційно зміні величини повздожніх деформацій на відповідних ділянках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Lenok, A. A. "Methods of manufacturing of steeply curved taps for pipeline systems" [Text] / A.A. Lenok, V.D. Abdul, V.V. Shirokobokov, H. Dyja, M. Knapinski // XIX International Scientific Conference New technologies and achievements in metallurgy, material engineering and production engineering: monografie. – Nr 78. – Czestochowa, 2018. – P. 84-88.

2. Ленок А.А. Аналіз сучасних методів виготовлення крутозагнутих відводів для трубопровідних систем [Текст] / IX Міжнародна науково-технічна конференція «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти». – КПІ ім. І. Сікорського, ХНТУ. – 28 травня–01 червня, 2018. – С. 120-122.

3. Ершов А. Г. Формирование патрубков из труб, вталкиваемым в фильеру с внутренним давлением [Текст] / Кузнечно-штамповочное производство, №7. – 1974. – С. 23-26.

4. Ленок А. А. Проблеми виготовлення крутозагнутих відводів для газота водопровідних систем [Текст] / А. А. Ленок, В. В. Широкобоков // XI Міжнародна науково-технічна конференція «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів та обладнання обробки тиском в машинобудуванні та металургії, присвячена 90-річчю заснування кафедри обробки металів тиском». – НТУ ХПІ. – 20–22 листопада, 2019. – С. 92-93.

УДК 621.7

Окунь А. О.¹

1 канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна

РОЗВИТОК ОБ'ЄМНОГО ХОЛОДНОГО ШТАМПУВАННЯ

У загальному випадку сучасний розвиток холодного штампування здійснюється у напрямку розширення області застосування як заміна литих і кованих деталей штампованими, які не вимагають подальшої обробки різанням, особливо у дрібносерійному виробництві завдяки застосуванню спрощених і універсальних штамів, зниженню витрат матеріалу шляхом створення технологічних форм деталей, впровадженню раціонального розкрою, використанню відходів, підвищенню точності розрахунку розмірів заготовок та їх виробництва [1, 2].

Збільшення продуктивності досягається також за рахунок автоматизації процесів штампування, підвищення стійкості штамів у великосерійному і масовому виробництві. Автоматизація процесів штампування забезпечує збільшення продуктивності пресового і іншого допоміжного устаткування, підвищення продуктивності праці; зниження вартості продукції, поліпшення умов праці.

Перспективним напрямком автоматизації холодно-штампувального виробництва залишається створення систем з програмним управлінням роботою обладнання. Також перспективними є ультракороткі технологічні ланцюги, засновані на удосконаленні технології формування, скорочений час процесу, уникнення витрат матеріалу та підвищення ефективності їх використання.

Холодне штампування набуло широкого поширення в різних галузях промисловості, особливо в умовах великосерійного і масового виробництва. Воно має ряд переваг в порівнянні з іншими видами обробки металів як в технічному, так і в економічному відношенні.

Розвиток процесів холодного штампування можна умовно поділити за такими напрямками:

1) вдосконалення методів штампування в умовах великосерійного і масового виробництва;

2) розробка методики і технічних засобів, що забезпечують можливість широкого впровадження холодного штампування при одиничному і дрібносерійного виробництва.

В умовах великосерійного і масового виробництва розвиток холодного штампування характеризується застосуванням складних сумісно-комбінованих штамсів, багатоопераційного послідовного штампування в стрічці, швидкохідних автоматичних пресів і спеціальних автоматів, а також автоматичних штампувальних ліній.

В умовах одиничного і серійного виробництва холодне штампування знаходить все більше розповсюдження завдяки впровадженню групового методу, що забезпечує застосування швидкопереналагоджувальних і спрощених штамсів, спеціальних пресів і автоматів, переналагоджуваних багатопредметних (групових) автоматичних ліній.

Економічні розрахунки показують, що застосування стаціонарних штамсів стає економічно доцільним при річній програмі не менше 30–40 тис. Деталей, що охоплює лише 20 % обсягу тонколистових деталей. Таким чином, майже 80 % номенклатури зазначених галузей має виготовлятися з використанням групового методу штампування.

Впровадження холодного штампування в умовах одиничного і серійного виробництва ведеться в трьох напрямках:

1) групові блоки зі змінними пакетними штампами;

2) спеціальне обладнання (координатно-револьверні преси, вібраційні преси, кромкогнотні преси і т. п.), оснащене змінним комплектом інструменту (пуансонами і матрицями);

3) універсальні штампи.

В даний час існують два способи групового штампування: комплексний, здійснюваний за допомогою спеціального оснащення; поелементний, для якого використовується універсальне оснащення (штампи або змінний стандартизований інструмент).

В умовах одиничного і дрібносерійного виробництва операції пробивання отворів в деталях типу плат і шасі вигідно здійснювати на спеціальному обладнанні, наприклад на координатно-револьверних пресах, а операції вирізки елементів зовнішнього контуру – на спеціальних вирізних

пресах. Штампування за елементами рекомендується застосовувати також при частій зміні конструкції виробів, так як регламентовані конструктивні зміни деталей не викликають змін в оснащенні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ghassemali E., Song X., Zarinejad M., Danno A., Tan M.J. (2015) Bulk Metal Forming Processes in Manufacturing. In: Nee A. (eds) Handbook of Manufacturing Engineering and Technology. Springer, London.

2. Холодная штамповка заготовок. – Режим доступу: <http://pereosnastka.ru/articles/kholodnaya-shtampovka-zagotovok>. – Назва з тит. екрана. – Дата звернення: 02.10.2020.

УДК 621.7

Кузьменко В. І.¹, Окунь А. О.², Пірожніков Д. М.³

¹ канд. техн. наук, проф. НТУ «ХП», м. Харків

² канд. техн. наук, доц. НТУ «ХП», м. Харків

³ магістрант НТУ «ХП», м. Харків

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ТИСКОМ

Сучасні САЕ програми широко використовуються при дослідженнях процесів обробки тиском [1]. Ці програмні пакети дозволяють не тільки визначити силу деформування як функцію переміщення інструменту і побачити загальну картину для параметрів, що характеризують напружено-деформований стан заготовки в будь-якому її перетині і для будь-якого кроку, але й крок за кроком відстежити зміну цих параметрів для заданого користувачем набору точок. Результатом такої візуалізації може бути, наприклад, анімація кінематики точок в процесі деформування, що важливо для розуміння характеру течії металу для даної операції. Так само можна відстежити змінення того чи іншого параметра як функції переміщення, часу або кроку для всіх заданих користувачем точок заготовки.

Однак графічні можливості САЕ пакетів досить обмежені. Тому передбачено, що розрахункові дані можна експортувати в зовнішні файли формату табличного процесора MS Excel. Дані записуються рядками для кожного кроку або кожної точки на вибір користувача. Структура кожного запису в таких файлів досить складна, тому що поряд зі службовою інформацією в кожен рядок за вибором користувача може бути записані значення, відповідні ряду параметрів (швидкості, швидкості деформації, напруження, температура і т. д.). Особливістю кожного такого запису є те,

що вся його інформація розміщується як єдине ціле в відповідному полі першого стовпчика листа книги Excel. При цьому дані такого поля представляють єдиний рядок, що складається з набору даних, розділених символом коми. Працювати з такими записами в самому Excel досить складно, тому що виділити і скопіювати окремий стовпець значень, який відповідає тому чи іншому розрахунковому параметру, з використанням інструментів табличного процесора неможливо. Тому виникають проблеми, пов'язані, наприклад, з побудовою графіків залежностей для розрахункових величин не тільки в самому Excel, а й з використанням сторонніх математичних пакетів. При великому обсязі розрахункових даних вибірка з кожного рядка значення параметра, що цікавить, є дуже трудомісткий і малоефективний процес.

Для автоматизації роботи з отриманими розрахунковими даними було розроблено спеціальну програму в сучасному середовищі об'єктно-орієнтованого програмування Delphi. При роботі з Excel використовується COM-технологія (Component Object Model – модель компонентного об'єкта) із забезпеченням програмованості на основі OLE-автоматизації (OLE Automation) [2].

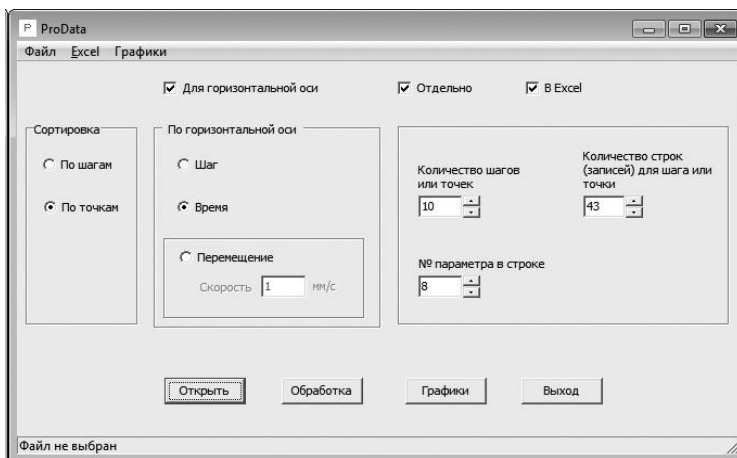
Інтерфейс головного вікна програми представлено на рис. 1, а. Для роботи програми необхідно, щоб на комп'ютері був встановлений MS Excel. Користувач може вибрати файл з вихідними даними, натиснувши кнопку «Відкрити» або вибравши цю ж команду з меню «Файл» (рис. 1, а). Опція «Сортування» дозволяє обробляти інформацію з файлів, в яких рядки даних відсортовані за кроками або точками.

Для початку обробки даних необхідно натиснути кнопку «Обробка». Робота з MS Excel здійснюється у фоновому режимі. Після закінчення обробки даних програма запропонує користувачеві зберегти отримані результати з вибором імені файлу Excel.

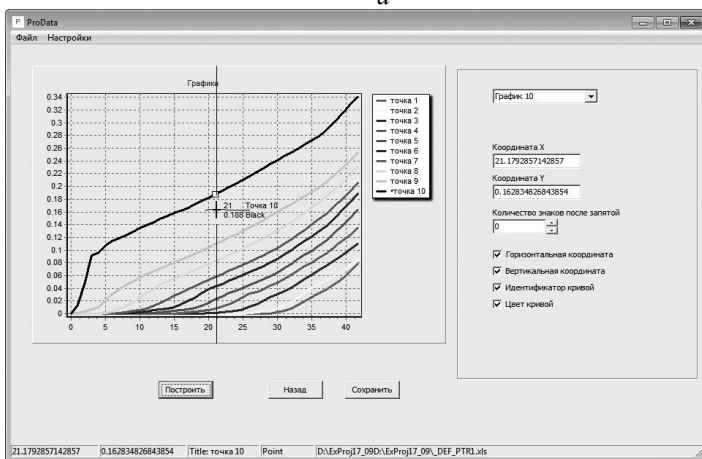
У програмі також передбачено можливість побудови графіків з використанням поточних даних або оброблених раніше (кнопка «Графіки» або однойменна команда меню).

Для роботи з графіками в програмі передбачено режим відстеження поточних значень точки позиціонування курсору (рис. 1, б). Для його включення потрібно викликати контекстне меню і вибрати опцію «Стеження». При цьому в вікнах «Координата X» і «Координата Y» будуть відображатися поточні координати (відповідно горизонтальна і вертикальна) для точки, на яку вказує курсор.

Для прив'язки курсору до одного з графіків тут же необхідно вибрати опцію «Прив'язка», при цьому відкриється підменю, що містить список графіків, в якому можна вибрати потрібний користувачу.



a



б

Рисунок 1 – Головне вікно програми (а) та приклад побудованих графіків у режимі відстеження з прив'язкою (б)

Режим прив'язки дозволяє відображати поточні значення абсцис і ординат для точки, розташованої строго на обраній кривій і абсциса якої співпадає з поточною абсцисою курсору. Маркер при цьому завжди буде знаходитися на даній кривій, пересуваючись тільки по ній незалежно від вертикального положення курсору. Такий режим дуже зручний для відстеження значень параметра, який цікавить користувача, в залежності від зміни аргументу (кроку, номеру точки і т.д.) на горизонтальній осі.

З допомогою даної програми проводили обробку результатів розрахунків параметрів напружено-деформованого стану заготовки в процесі видавлювання з радіальним обтисненням в конічній матриці. Для цієї задачі як приклад на рис. 1, б наведено графіки залежності інтенсивності деформації як функцій від ходу інструменту (майстер-пуансона) для 10 точок, розташованих на зовнішній циліндричній поверхні заготовки.

Подальше удосконалення розробленого програмного продукту планується у напрямках надання користувачу можливостей побудови трьохвимірних графіків та застосування сплайн-інтерполяції для апроксимації даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). Питер. Санкт-Петербург. 2004. 560 с.
2. Елманова Н., Трепалин С., Тенцер А. Delphi и технология COM. Мастер-класс. Питер. Санкт-Петербург. 2003. 608 с.

УДК 621.7

Кузьменко В. І.¹, Окунь А. О.², Пірожніков Д. М.³

¹ канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна

² канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна

³ магістрант, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна

ХОЛОДНЕ ВИДАВЛЮВАННЯ МАТРИЦЬ ДЛЯ ОБРІЗКИ ГОЛОВОК ШЕСТИГРАННИХ БОЛТІВ

Сучасне машинобудування вимагає розробки і застосування сучасних технологій, що створюються на науковій основі. Обробка металів тиском включає в себе цілий ряд напрямків, які дозволяють отримувати напівфабрикати і готові вироби для машинобудування, авіаційної, приладобудівної, електротехнічної галузей промисловості, транспорту і сфери товарів народного споживання. Серед технологій обробки тиском штампування займає одну з провідних позицій як по номенклатурі і якості виробів, так і по ефективності виробництва. Одним з важливих компонентів цього напрямку є проектування і виготовлення штампувального інструменту: штампів, прес-форм та їх складових [1].

Якість інструменту, що використовується при штампуванні, багато в чому визначає службові властивості виробів, їх собівартість, а також продуктивність і безпеку праці. У холодному штампуванні (об'ємному і листовому) основним робочим інструментом є пуансони і матриці. Це невід'ємні елементи штампів для формоутворюючих і розділових операцій.

Забезпечення якості, зниження собівартості виготовлення і підвищення стійкості робочих частин штампів – одна з найважливіших задач при конструюванні інструменту, що деформує, і виборі технології його виробництва.

Холодне об'ємне штампування (ХОШ) або холодне видавлювання – об'ємне штампування без попереднього нагрівання заготовки. Воно дозволяє майже повністю виключити подальшу обробку різанням і забезпечує зменшення трудомісткості виготовлення деталей на 30...80%, підвищення коефіцієнта використання матеріалу до 50%. Холодне штампування характеризується високою продуктивністю, підвищеною точністю і гарною якістю поверхні виробу. Воно застосовується для виготовлення стандартних і нестандартних деталей, наприклад, болтів, гвинтів, заклепок, фасонних гайок, кульок, роликів, кілець підшипників кочення, поршневих пальців, зубчастих коліс, корпусів годинників і т. д.

Стосовно до холодного об'ємного штампування питання виготовлення робочого інструменту особливо важливе, так як для ХОШ характерні значні сили деформування, контактні напруження на інструменті, як наслідок, підвищений знос і проблема стійкості інструменту, що деформує. Застосування мастил і покриттів не завжди вирішує ці проблеми і тому робочі деталі штампів в процесі експлуатації доводиться часто замінювати. Особливо це актуально для великосерійного і масового виробництва. Крім того, матриці і пуансони для холодного видавлювання можуть мати досить складну геометрію, яка визначається геометрією одержуваної штампованки, що ускладнює і підвищує вартість їх виготовлення традиційними методами.

Для виготовлення робочих частин штампів застосовують різні технології, які дозволяють отримати інструмент з достатньо точною геометрією, необхідними якістю поверхні і характеристиками щодо міцності: механічна обробка інструменту, що деформує, на верстатах, електрофізичні і електрохімічні методи обробки заготовок для пуансонів та матриць і т.д. [2]. Кожному з цих методів притаманний ряд недоліків: енергоспоживання, низька продуктивність, необхідність доведення напівфабрикатів, перерізання волокон матеріалу, собівартість одержуваних виробів. Альтернативою цим способам отримання робочого інструмента може служити пластичне деформування, зокрема, холодне видавлювання. Холодне видавлювання має такі переваги: дозволяє отримати складні рельєфні порожнини в інструменті, використовується універсальне устаткування, в ході деформування опрацьовується матеріал заготовки, відсутнє перерізання волокон металу, досить висока продуктивність, а також забезпечується висока точність розмірів і достатня шорсткість поверхонь отриманої штамповки, дозволяє мінімізувати подальше доведення механічною обробкою. Холодним

видавлюванням можна отримувати не тільки робочий інструмент для формотворчих операцій, але і для розділових.

Одним із прикладів масового виробництва методом холодного об'ємного штампування є отримання металовиробів (болтів, гайок, гвинтів і т. д.). Зокрема, для отримання методами ХОШ болтів з шестигранною головкою, які складають значну частину від загальної номенклатури металовиробів, використовують формоутворюючі операції холодної висадки і редукування. Оскільки методами ХОШ отримати якісну шестигранну головку досить складно, то за застосовуваними в даний час технологіями її виготовляють обрізкою циліндричної. Для обрізки використовуються відповідні обрізні пуансони і матриці. Конструкція матриць для обрізання головок болтів передбачає наявність наскрізного вікна шестигранного перетину, що викликає досить великі труднощі в їх виготовленні механічної обробкою. Стійкість інструменту для обрізки головок болтів значно нижче стійкості висадочного інструменту. Тому в умовах масового виробництва таких болтів питання забезпечення якісним і відносно дешевим робочим інструментом для обрізки є важливим.

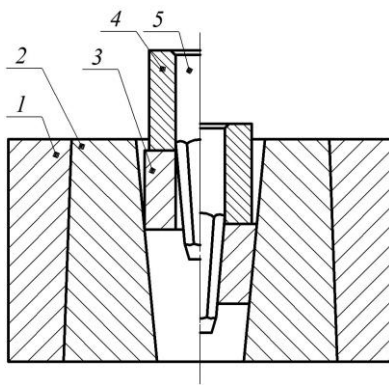


Рисунок 1 – Схема видавлювання радіальним обтисненням в матриці з конічним отвором: 1 – бандаж матриці; 2 – матриця; 3 – заготовка; 4 – штовхач; 5 – майстер-пуансон

У роботі досліджено видавлювання з радіальним обтисненням у конічній матриці (обтиснення на конус) заготовки матриці зі сталі Х12М для обрізки головки шестигранного болта М10 (ДСТУ ГОСТ 7798:2008) (рис. 1). Ця технологія є універсальною, достатньо простою при освоєнні і придатною для обробки будь-яких сталей.

Існуючі рекомендації з видавлювання робочих деталей штампів з рельєфними порожнинами обмежуються емпіричними даними щодо вибору

заготовки та геометричних параметрів майстер-інструменту [3]. Дані про напружено-деформований стан (НДС) заготовки практично відсутні. Інженерні формули для розрахунку сили деформування не дозволяють в достатній мірі врахувати вплив геометричних і технологічних факторів на силовий режим процесу видавлювання. Тому дана робота, спрямована на дослідження процесів виготовлення робочих деталей штампів і прес-форм методом холодного видавлювання, є актуальною.

Застосування в роботі сучасного методу розрахунку – методу скінченних елементів (МСЕ) дозволило вирішувати завдання не тільки моделювання силового режиму і НДС, а й задачі кінцевої та граничної формозміни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Евстратов В. А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов: Монография. Харьков. Вища шк. 1987. 144 с.
2. Боровский Г. В., Григорьев С. Н., Маслов А. Р. Современные технологии обработки материалов. Москва. Машиностроение. 2015. 304 с.
3. Бунатян Г. В., Хохлов Е. Н. Обрезные матрицы для головок болтов. О технологии изготовления. Метизы. №1(14). 2007. С. 84–87.

УДК 621.771

Клімьонов М. В.¹, Чухліб В. Л.²

¹ студент НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна

² д-р техн. наук, зав. кафедри ОМТ НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна

РОЗГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ПРОФІЛЕЗГИНАЛЬНОГО СТАНУ

Профілезгинальні стани – основне обладнання для виробництва гнутих профілів - в залежності від характеру роботи і призначення мають різний склад. До складу обладнання входять: розмотувач з завантажувальним пристроєм, пресове обладнання, ножиці гільйотинні, зварювальний машина з гратознімачем для зварювання кінця заготовки в безперервну стрічку, накопичувач заготовки, правильна машина, профілезгинальний стан, зварювальний машина для поздовжньої зварювання кромки профілів з гратознімачем, пристрій для розрізання профілів, промаслююча установка, укладальник.

Процес формоутворення гнутих профілів на станах полягає в послідовній зміні форми поперечного перерізу вихідної заготовки - листа, стрічки при проходженні її через ряд пар обертових назустріч один одному приводних і холостих валків.[1, 2].

Стан складається із сукупності робочих клітей, що мають найчастіше по два горизонтальних валка, приводні - або обидва валка, або один з них. Число клітей, що беруть участь в процесі профілювання, залежить від розмірів перетину і складності профілю. В необхідних випадках застосовують міжкліткові проводки, найчастіше у вигляді вертикальних роликів, призначених як для утримання заготовки від зміщення, так і для згинання елементів профілю.

Лінія по виготовленню гнутих профілів, що містить профілезгинальний стан в якості основного агрегату, працює наступним чином: рулон металевої стрічки за допомогою кран-балки встановлюється на розмотувач. Кінцева ділянка рулону заправляється вручну в направляючий пристрій профілезгинального стану, де відбувається її центрування щодо осі профілювання, а потім в формуючі ролики першої профілюючої кліті.

Стрічка формується в заданий профіль відповідно до технологічного оснащення, встановленого на робочих валах. За останньою профілюючою кліттю встановлено правильне пристрій з правильними роликами.

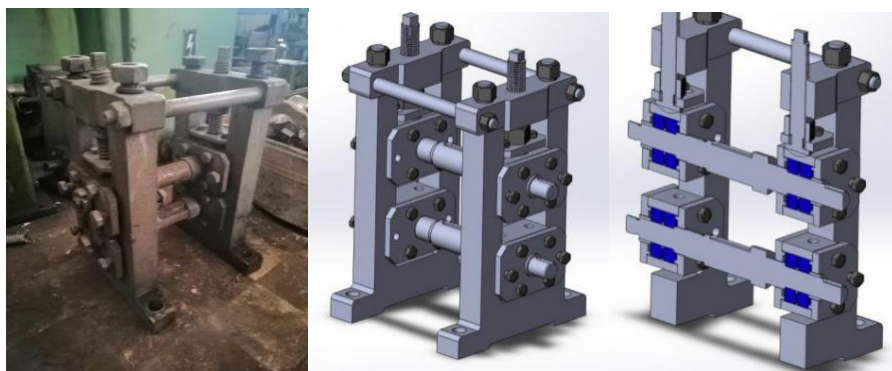


Рисунок 1 – Кліть профілезгинального стану в умовах кафедри ОМТ НТУ «ХП»

На базі лабораторії кафедри обробки металів тиском Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» є профілезгинальний стан з 7 горизонтальних та 6 вертикальних клітей (рис.1) і така кількість клітей дозволяють нам налаштувати виробництво профілей різних форм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Филимонов, С.В. Интенсивное формообразование гнутых профилей / С.В. Филимонов, В.И. Филимонов. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 444 с.

2. Березовский, С.Ф. Эксплуатация и ремонт оборудования профилегибочных станков / С.Ф. Березовский. – Челябинск: Metallurgiya. Челябинск, отделение, 1991. – 175 с.

УДК 539.381

Чухліб В. Л.¹, Губський С. О.², Стрельцов Р. В.³

¹ д-р техн. наук, зав. кафедри ОМТ НТУ «ХП», м. Харків, Україна

² канд. техн. наук, доц. НТУ «ХП», м. Харків, Україна

³ студент НТУ «ХП», м. Харків, Україна

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ВІДОБРАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ НА УНІВЕРСАЛЬНІЙ ВИПРОБУВАЛЬНІЙ МАШИНИ УВМ-50

Для статичних та малоциклових випробувань широко використовуються лабораторні випробувальні машини типу УВМ-50, УММ-10, УММ-50, УММ-100 та інші. Відображення результатів випробувань виконується стрілками на цифровому полі та з допомогою графічних самописців механічного типу. З розвитком інформаційних технологій з'явилась можливість візуалізації відображення результатів випробувань проведених на випробувальних машинах у вигляді графіку на графічному дисплеї [1].

Нами запропоновано для відображення, обробки та протоколювання сил, що виникають при випробуваннях в реальному часі (здійснюється вивід даних на комп'ютер) використовувати систему з двох оптичних інкрементальних енкoderів та плати типу Arduino MEGA 2560 (основа – мікропроцесор ATmega2560, тактова частота 16 МГц). Система керування випробувальної машини не піддається змінам.

Кожен енкoder типу TO38S6-600BM-G5-24C-NR16 на один оберт видає 600 імпульсів. В енкodерах оптичного типу (на відміну від механічних енкoderів) відсутній «брязкіт контактів», що значно спрощує обробку сигналу з енкodера.

Перший енкoder кріпиться через перехідну муфту на стрілку фіксації сил при випробуваннях. Інший енкoder прикріплений на траверсі. При цьому, використано механізм, що виключає вплив на покази горизонтальних коливань траверси при її вертикальному переміщенні.

Сигнал з обох енкoderів подається на плату Arduino MEGA 2560, входи з зовнішніми перериваннями. Це дозволяє точно відслідковувати сигнали з енкoderів. Нам потрібно чотири входи зі зовнішніми перериваннями, що є основним критерієм вибору плати типу Arduino MEGA 2560.

Програма обробки сигналу з енкoderів написана в програмній оболонці Arduino IDE. Передача даних на комп'ютер відбувається автоматично по

таймерним перериванням (використовується таймер 2) через COM порт комп'ютера.

Відображення графіків відбувається на дисплеї комп'ютера з використанням програмного забезпечення, наприклад, SVisual [2]. Також всі дані зберігаються на комп'ютері не тільки в графічному, а й в текстовому вигляді.

Живлення всієї системи відбувається через COM-порт комп'ютера, та складає 5 В.

Також, можливо один із енкодерів (що кріпиться на стрілку) замінити на датчик тиску. Даний датчик тиску встановлюється в гідравлічну систему випробувальної лабораторної машини та видає результати в аналоговому вигляді та фіксуються платою типу Arduino MEGA 2560.

Існують аналогічні підходи до модернізації випробувальних машин, наприклад із застосуванням електронно-цифрової системи вимірювань «М-Test» [3]. Але, фінансові витрати на втілення запропонованої системи в даній публікації будуть на порядок менші.

Отже, застосування системи з двох оптичних інкрементальних енкодерів та плати Arduino MEGA 2560 дозволить модернізувати систему відображення результатів випробувань на лабораторних машинах типу УВМ-50, так і з іншим схожим принципом фіксації результатів випробувань.

Для подальшого розвитку даної системи, планується зробити вивід результатів випробувань більш мобільним та універсальним – шляхом застосування Bluetooth-зв'язку. В даному випадку можливий безпроводний вивід результатів на мобільний телефон, тощо. Написання власної програми для візуалізації результатів випробувань та управління системою керування випробувальної машини з мобільного пристрою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бенин А.В. Модернизация испытательных машин (прессов) для механических испытаний строительных материалов / Техника и технология, №3, 2012. – С. 82-88.
2. <https://github.com/Tyill/SVisual>
3. <https://rscim.ru/modernizaciya>

УДК 621.762:669.01

Осіпов М. Ю.¹, Капустян О. Є.¹, Андрущенко М. І.¹, Бриков М. М.², Акритова Т. О.³, Фетісов Р. Ю.⁴

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

² д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

³ аспірант, НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЯ РОЗЧИННОСТІ ТВЕРДОЇ ФАЗИ В МЕТАЛЕВІЙ МАТРИЦІ ПОРОШКОВИХ КАРБІДОСТАЛЕЙ

Для створення зносостійких матеріалів безсумнівний інтерес представляє спосіб порошкової металургії, що дозволяє механічно насичувати матрицю матеріалу будь-якими твердими включеннями. У цьому випадку з'являється можливість виготовлення матеріалів із структурою і властивостями недосяжними для литих сплавів.

Однак практична реалізація робіт в даному напрямку стримується низкою невирішених питань: обмежені відомості про вплив способу компактування порошкового матеріалу на формування його структури при подальшій термічній обробці; вплив ступеня розчинності твердої фази, що вводиться в зв'язку на структуру і властивості матеріалу.

Як показали дослідження, проведені раніше [1] для литих кованих сталей в діапазоні хімічного складу від 1,0 % до 1,4 % вуглецю і від 1,0 % до 5,4 % хрому забезпечується найбільша ступінь зміцнення і зносостійкість бескарбідної сталі. Отже, при виготовленні сталевих зв'язки для порошкових зносостійких матеріалів доцільно досягнення хімічного складу максимально наближеного до зазначеного діапазону. У цьому випадку можливе поєднання двох основних принципів підвищення зносостійкості матеріалів: збільшення зносостійкості зв'язки і підвищення кількості твердої фази в матеріалі.

Мета роботи – визначити вплив часу спікання заготовок на ступінь розчинності твердої фази, що вводиться у зв'язку (основу) для оптимізації процесу виготовлення композиційних матеріалів.

Досліджувалися пресування, отримані формуванням шихти, що складається з порошків заліза і карбіду хрому. Як шихтові компоненти гарячештапованих матеріалів використовували порошок заліза ПЖВ 1.160.24 ГОСТ 9849-86 і порошок карбіду хрому Cr₃C₂ виробництва Донецького заводу хімічних реактивів ТУ 6-09-02-403-75. За рівнем легування виготовлялися два типи порошкових сталей: ПХ6 і ПХ12, що містять у складі шихти 7,5 % і 14,0 % мас. карбіду Cr₃C₂ відповідно. Рівень легування порошкового матеріалу ПХ6 практично відповідає необхідному для матриці зносостійкого матеріалу, а легування матеріалу ПХ12 досягає рівня добре вивченої інструментальної сталі Х12.

Створення шихти вироблялося безпосередньо перед змішуванням шляхом зважування в необхідній пропорції компонентів в фарфоровому посуді з точністю до 1 г. Маса однієї композиції не менше 1000 г. Змішування шихти проводили в лабораторному змішувачі, що складається з приводу і сталевих барабанів, вісь обертання якого нахилена під кутом 15° до горизонтальної площини. Кількість шихти в барабані не перевищувала 33

% його об'єму. Для поліпшення якості змішування в шихту додавали сталеві кулі діаметром 15-20 мм. Час змішування становив 4-6 годин.

Холодне пресування здійснювали на гідравлічному пресі ДБ2432А при питомому тиску 500-700 МПа в жорсткій прес-формі. Розмір зразків 10 мм × 15 мм × 17 мм. Спінання пресовок проводилося при температурі 1100 °С в електричній печі с карбідокремневими нагрівачами від 5 год до 30 год. Хімічний склад визначали спектральним методом за стандартними методиками.

Найбільш інтенсивне розчинення карбідів в обох сталях відзначається в початковий період спінання – 10-15 годин. Однак навіть після тридцятигодинної витримки в структурі матеріалу залишаються карбіди хрому Cr₃C₂, що не розчинилися, розташовані в порах і не мають безпосереднього контакту з матрицею.

Отже, час спінання можна обмежити 10-15 год, достатнього для проходження інтенсивного розчинення Cr₃C₂, а потім, шляхом пластичної деформації металу усунути пори і газові проміжки, що знижують швидкість дифузії вуглецю і хрому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов В.С., Брыков Н.Н., Андрущенко М.И., Гапон А.А., Осипов М.Ю. Сопротивляемость абразивному изнашиванию сплавов со структурой метастабильного аустенита в зависимости от их химического состава. Трение и износ. 1991. Т. 2. № I.- С. 163-170.

УДК 621.771.06

Баглай А. В.¹

¹ директор «ДІАМЕХ-УКРАЇНА»

ЗВ'ЯЗОК ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В УСТАТКУВАННІ З ТЕХНОЛОГІЄЮ ГАРЯЧОЇ ПРОКАТКИ

Захоплення металу валками клітей широкополосового стану супроводжується інтенсивними загасаючими коливаннями моменту в лініях головного приводу й вібрацією устаткування [1]. На вібрацію кліті впливає жорсткість середовища деформації (полоси) $C_n \approx 0,5P/\Delta h$, де P – зусилля прокатки, Δh – обтиснення. Значення C_n збільшується від першої (360-1100 кН/мм) до останньої (2570-11670 кН/мм) кліті. Чим жорсткіша полоса, тим більше власна частота коливань кліті (від 40 до 80 Гц). Результати вимірів на стані 1680 показали, що розмах віброшвидкості в момент захоплення полоси валками збільшується до останніх клітей (рис. 1). Чим жорсткіше середовище деформації й вся система в цілому, тим більше розмах і тим більша сила

удару в кліті, що відчувається на слух. У сталому режимі прокатки в клітях діє збурювання з боку полоси, зокрема, наведена в попередніх клітях поздовжня різновтовщинність, валкової системи (ексцентриситет, овальність) і шпинделів (биття голівки). Тому середньоквадратичне значення амплітуди вібрації під час прокатки також відрізняється до двох разів залежно від того прокочується тонка (більш тверда) чи товста полоса. Отримана різниця також між спокійними й високолегованими сталлями.

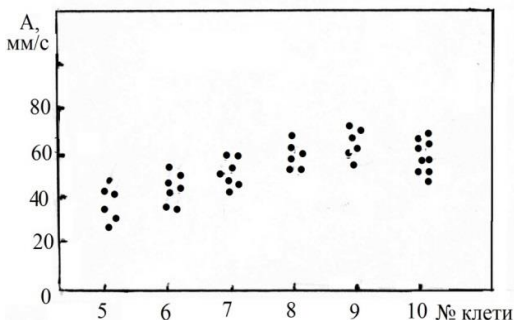


Рисунок 1 – Розмах віброшвидкості по клітях стану 1680 при прокатці партії полос під час захвату валками

У результаті вимірів установлений статистичний зв'язок між максимальним розмахом вібрації в ряді точок лінії приводу при захопленні полоси від статичного навантаження M_{cm} двигуна. Під час тривалих (2-3 години) вимірів охоплюється досить широкий діапазон зміни статичного навантаження M_{cm} і сорторозмір, що прокатується. Технічний стан лінії приводу (засори в зчленуваннях) за цей період практично не змінюється. Однак дія засорів на динаміку лінії й вібрацію устаткування проявляється. Під час вимірів значення найбільшого розмаху вібрації при захопленні кожної полоси прив'язувалось до відповідного значення M_{cm} . У підсумку отримано кореляційні поля вигляду (рис. 2).

Подібні поля для максимального моменту сил пружності M_o і M_{cm} на підставі вимірів і моделювання отримано в роботі [1] (рис.3). Аналіз таких же вібраційних полів в інших клітях показав наступне.

1. У загальному випадку зі збільшенням навантаження (M_{cm}) розмах вібрації збільшується.

2. Визначено точки устаткування, у яких поля найбільш виражені.

3. Чим більший знос бронзових вкладишів і кутові засори в шпиндельному зчленуванні, тим більший розмах вібрації.

4. Кореляційні поля апроксимуються лінійною залежністю вібрації.

На підставі встановлених зв'язків вібрації й технології в результаті розроблений спосіб визначення технічного стану устаткування.

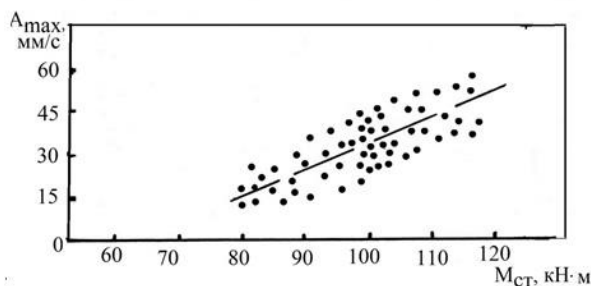


Рисунок 2 – Кореляційне поле $\{A_{max}, M_{cm}\}$. Корпусу шестеренної кліті.
Кліть № 5

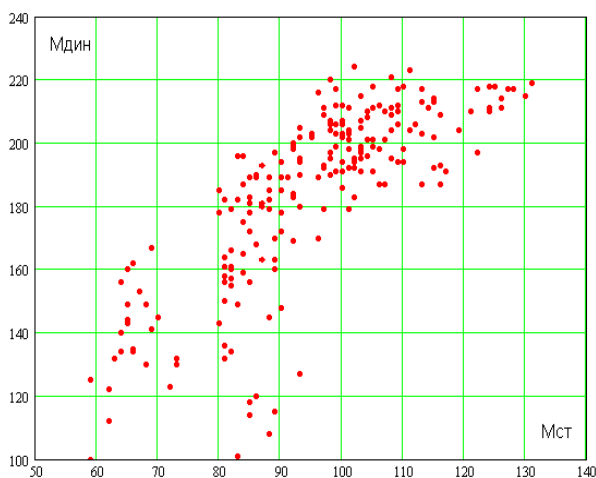


Рисунок 3 – Кореляційне поле $\{M_o, M_{cm}\}$ кН·м, кліть № 5 [1]

Цінність отриманих результатів полягає в наступному. Розмах першої амплітуди вібрацій кліті, який завжди є найбільшим залежить від технічного стану власно кліті та налаштування. Наприклад, від зносу натискних гвинтів та зусилля гідроврівноваження валків. Тому виконуючи регулярні виміри по значенню розмаху, можна відслідковувати загальний технічний стан устаткування кліті.

На даний момент у всіх клітках широкополосового стану 1680 встановлено до 11 вібродатчиків системи «Корунд» вздовж корпусного обладнання від двигуна до клітей. Кожний агрегат знаходиться в різному стані. Так, ремонтні роботи редуктора виконуються рідше (як правило, один раз в рік), шестеренної кліті частіше, заміна шпінделей по зносу бронзових вкладишів 1-2 рази протягом місяця. Тому різними амплітудами вібрацій відкликається обладнання на захват полоси валками. Систематичні виміри та побудова кореляційних полів $\{A_{\max}, M_{\text{ст}}\}$ дозволяють регулярно спостерігати за їх зміною, отримувати еталонні («найкращі» по розбігу) поля і на основі порівнянь фактичних полів, зробити діагностичні висновки. У даний час ведеться розробка аналітико-логічного апарата для запровадження в систему «Корунд».

Таким чином, додаткові дії, пов'язані з побудовою та аналізом представлених кореляційних полів, дозволяють підвищити глибину діагностування та прогнозування технічного стану обладнання від двигуна до прокатної кліті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Веренев В.В. Динамические процессы в клетях широкополосного стана 1680 / В.В. Веренев, В.И. Большаков, А.Ю. Путники [и др.] // Днепропетровск: Има-Пресс, 2011. - 184 с.
2. Веренев В.В. Снижение динамических нагрузок и диагностика широкополосных станов в переходных режимах / В.В. Веренев // Никополь: СПО Фельдан О.О., 2014. - 203 с.

УДК 621.438.002.2

Бень А. М.¹, Бровченко І. С.²

¹ ст. викл. НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

² магістрант НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ШТАМПУВАННЯ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Найважливішою галуззю використання титанових сплавів є авіа- і ракетобудування. З титанових сплавів для літаків і ракет виготовляють корпуси двигунів, балони для газів, сопла, диски, лопатки компресорів та турбін, деталі кріплення, фюзеляжу.

Титанові сплави мають низку специфічних особливостей, що істотно впливають на вибір технологічних параметрів окремих операцій виробничого циклу отримання виробів і обладнання для їхнього здійснення.

1. Висока схильність до газонасичення при нагріванні і деформації в повітряному середовищі, що знижує якість напівфабрикатів на різних етапах їхнього виготовлення. Висока хімічна активність титану в повітряному середовищі при високих температурах зумовлює необхідність використання прийомів, що зменшують газонасичення металу в процесі виробництва напівфабрикатів.

2. Титан та титанові сплави характеризуються низькими антифрикційними властивостями та інтенсивною адгезією до матеріалу інструменту, особливо при підвищених температурах. Це вказує на доцільність використання захисних розділових середовищ між виробом і інструментом.

3. У титану невисока теплопровідність - в 13 разів менше, ніж теплопровідність алюмінію. Погане відведення тепла металом призводить до великих температурних градієнтів по перетину заготовки, що створює певні труднощі при обробці тиском.

4. Температура гарячої обробки титанових сплавів значно перевищує температуру відпуску інструменту.

У промисловості використовується п'ять основних схем пресування титану:

- схема пресування прутків і профілів з припусками на механічну обробку;

- схема пресування профілів без припусків на механічну обробку;

- схема пресування профілів змінного перерізу;

- схема пресування тонкостінних профілів із закінченням;

- схема пресування порожнистих профілів.

Титан і його сплави досить швидко окислюються. Особливо інтенсивне окислення спостерігається при температурах вище 700°C. Тому нагрівання титану перед пресуванням рекомендується вести дуже швидко, найкраще в індукційних печах або в печах із захисною атмосферою. Часто застосовують електричні і полум'яні печі з окислювальною атмосферою. У цьому випадку нагрівання до 700°C ведуть зі звичайною швидкістю, а далі - до 900°C і більше з підвищеною. Застосовується також нагрівання в ваннах хлористих солей. Але розплавлені солі розчиняють титан, і тому зливки або заготовки розташовують в спеціальних коробках, які потім занурюють в розплавлену сіль.

Титанові сплави мають достатньо широкий температурний інтервал кування – 700...1100°C. Але варто враховувати, що крупнокристалічна структура, так само, як і структурна неоднорідність в титанових сплавах, не виправляється термічною обробкою, як у сплавів на основі заліза. Тому режим обробки тиском саме на пресі набуває для титанових сплавів вирішального значення.

Проведені дослідження вказують, що підвищення температури нагрівання вихідних заготовок перед видавлюванням погіршує умови роботи деформуючого інструменту, значно знижуючи його стійкість. Рекомендовано зниження температури видавлювання заготовок із титанових сплавів до 900°C, що покращує структуру та властивості виробу, а також забезпечує більш однорідний плин металу. При цьому підвищується стійкість інструменту та якість поверхні, але збільшується питоме зусилля пресування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Никольский, Л.А. Горячая штамповка и прессование титановых сплавов [Текст] / Л.А. Никольский, С.З. Фиглин, В.В. Бойцов и др. – М.: Машиностроение. – 1975. – 285 с.

2. Тітов В.А. Вплив температури деформації на якість титанових робочих лопаток компресора, отриманих видавлюванням / В.А. Тітов, А.М. Бені // “Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти”. Матеріали Х Міжнародної науково-технічної конференції (03 – 07 червня 2019 р.) – Київ – Херсон. – С. 151-153.

УДК 621.7

Чухліб В. Л.¹, Дуванський О. М.²

¹ д-р техн. наук, завідуючий кафедри «ОМТ», НТУ “ХПІ”, м. Харків, Україна

² аспірант кафедри «ОМТ», НТУ “ХПІ”, м. Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМОЗМІНИ МЕТАЛУ ПРИ КУВАННІ ПОКОВОК КОРПУСІВ НАСОСІВ З КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ

Проблематикою кування поковок прямокутного або квадратного перетину займалось багато вчених. Зокрема, в роботі [1] розглянуто спосіб, який включає попередню радіальну кування злитка і подальше остаточне кування отриманої заготовки.

Також в роботі [2] запропоновано спосіб, який включає осаджування заготовки прямокутного або квадратного поперечного перерізу в замкнутій порожнині. Перед осаджуванням заготовку розміщують в порожнині інструмента по діагоналі перетину порожнини з киснем всіх ребер заготовки стінок порожнини. Осаджування ведуть верхнім плоским бойком, що має форму і розміри, відповідні поперечному перерізу порожнини. При цьому осаджування здійснюють за один хід преса.

Згідно ГОСТ 25054-81[3] корпуси насосів відносяться до 5 групи поковок для виготовлення особливо відповідальних деталей, що працюють в

умовах складнонапруженого стану або піддаються динамічним впливам і впливу середовища, що викликає міжкристалічну корозію.

При куванні даних деталей використовується основна операція кування - протягування. Протягування - операція обробки металів тиском, що полягає в подовженні заготовки або її частини за рахунок зменшення площі поперечного перерізу[4]. Протягування виконується за схемою кування заготовки круглого перерізу в поковку прямокутного перерізу.

Для поковки прийняті такі параметри ковальських напусків та форми, при яких її заковують у формі правильного паралелепіпеду. При цьому при виконанні подальших операцій, при яких знімаються всі припуски, напуски, робляться отвори та чистова обробка, коефіцієнт використання металу наближається до 20%. Кування корпусів насосів з корозійностійких сталей потребує більш оптимальних витрат металу та покращення якості металу поковки, що говорить нам про актуальність даної теми дослідження.

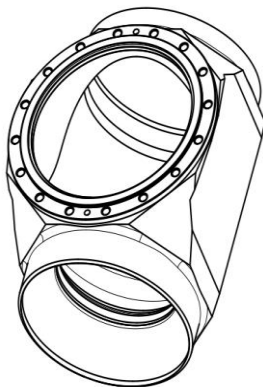


Рисунок 1 – Корпус насоса

Для покращення якості металу та зменшення його витрат виконується розробка декількох схем кування, при яких форма поковки буде максимально наближеною до форми кінцевої деталі. При цьому відпадає необхідність у виконанні отворів та інших операціях різання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Володин А.М., Лазоркин В.А. Патент №2283715 (РФ) от 22.02.2005 г., МКИ В21J1/04 Способ изготовления поковки квадратного или прямоугольного поперечного сечения.

2. Потапов А.И.Бочкарев В.И. Патент на полезную модель “Способ изготовления прямоугольных поковок”// 2015781.

3. ГОСТ 25054-81 Поковки из коррозионно-стойких сталей и сплавов. Общие технические условия (с изменениями N 1-4).

4. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства, учебник. — М.: Машиностроение, 1966. — 600 с.

УДК. 621.9.048.4

Шмельов В. М.¹, Голованич О. С.², Сергеев А. О.²

¹ канд. техн. наук, доц. ЦНТУ, м. Кропивницький, Україна

² аспірант ЦНТУ, м. Кропивницький, Україна

ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ РОБОЧИХ ДЕТАЛЕЙ РОЗДІЛОВИХ ШТАМПІВ ЗА УМОВ ВИКОРИСТАННЯ СПОСОБУ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ДУГОЮ

При виготовленні робочих деталей розділових штампів механічною обробкою шорсткість обробленої поверхні, наприклад, пуансона у відповідності ГОСТ 16621-80 повинна відповідати $Ra=0,4\text{мкм}$. Така шорсткість, в деякій мірі, обумовлюється необхідністю забезпечити певну стійкість інструменту.

Як відомо, шорсткість робочих деталей розділових штампів, отриманих методами електроерозійної обробки (ЕЕО), може мати значно більші значення, і в залежності від товщини матеріалу, що вирубують чи пробивають знаходиться в межах від $Ra=1,0\text{мкм}$ до $Ra=12,5\text{мкм}$ [1, 2].

Пов'язано це з відмінністю шорсткості поверхні після ЕЕО від шорсткості поверхні, отриманої механічною обробкою. Вона має форму лунок і краще утримує змащення в наслідок чого інструмент менше зношуються.

До того ж на початкових етапах роботи штампу шорсткість поверхні, пуансонів і матриць виготовлених методами ЕЕО, спочатку покращується за рахунок притирання, і тільки потім при відштамповуванні деякої кількості деталей починає погіршуватись [1, 2]. У виготовлені пуансонів і матриць механічними методами шорсткість поверхні починає погіршуватись з першою ж відштампованою деталлю.

В цьому зв'язку, помітний інтерес при виготовленні робочих деталей розділових штампів являє значно продуктивніший спосіб розмірної обробки електричною дугою (РОД) в сукупності зі способом керованого зносу електрод-інструмента (СКЗ ЕІ) [3].

РОД СКЗ ЕІ дозволяють отримувати спряжені пари робочих деталей розділових штампів з різним штампувальним зазором. При цьому шорсткість

обробленої поверхні робочих деталей розділових штамів знаходиться в межах рекомендованої шорсткості поверхні при їх виготівлені методами ЕЕО.

Необхідну шорсткість, при РОД СКЗ ЕІ, легко отримати за рахунок зміни сили технологічного струму I та статичного тиску робочої рідини P_s . Залежність шорсткості обробленої поверхні від наведених технологічних показників процесу можна описати математичною моделлю, мкм:

$$Ra = 1,461 \cdot I^{0,402} \cdot P_s^{-0,92}$$

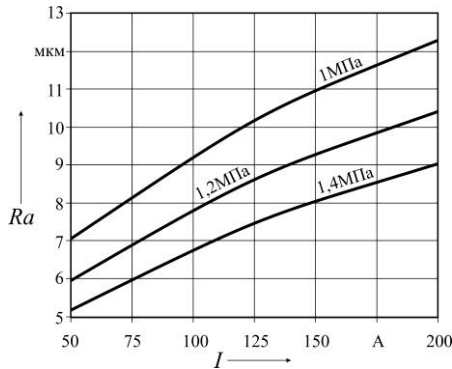


Рисунок 1 – Залежність шорсткості поверхні Ra від статичного тиску робочої рідини P_s та сили технологічного струму I

Згідно викладеного можна зробити висновок, що використання способу РОД СКЗ ЕІ дозволяє виготовляти робочі деталі розділових штамів з необхідними штампувальним зазором та шорсткістю поверхні з високими показниками економічної ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тимошенко В. А. Повышение стойкости разделительных штампов // Машиностроитель. – 1991. – №11. – С. 27.
2. Тимошенко В. А. Направления повышения износостойкости штампов и инструмента на предприятиях. // В. А. Тимошенко, В. И. Иванов, В. Н. Просяник / Республика Молдова (Обзор. Информ.) Кишинев.: МолдНИИТЭИ. –1991. – С. 54.
3. Шмельов В.М. Розмірна обробка електричною дугою спряжених робочих деталей розділових штамів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.03.07. /Національний технічний університет України «КПІ»– К., 2013. – 20 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ШИХТИ НА ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВУ VT1-0

Вироби зі спечених титанових сплавів знайшли широке використання в багатьох сучасних галузях: машино-, авіабудуванні, атомній енергетиці, медицині та ін. При цьому головним напівфабрикатом титанового виробництва, що давно використовується за для отримання відносно недорогих губчастих порошків, які застосовуються при виготовленні порошкових виробів, залишається губка [1]. На європейському ринку Україна виступає одним із основних виробників титану губчастого і може забезпечити власні потреби у повному обсязі. Застосування методу порошкової металургії дозволяє збільшити коефіцієнт використання металу вище 90 %, отримати вироби необхідної геометрії з високою технологічністю, стабільними механічними, унікальними біохімічними властивостями та ін. При цьому на поверхні чистого титану дуже швидко з'являється дуже тонка інертна плівка діоксиду титану, що має добру адгезію з металом, захищає від корозії та стає товстішою і міцнішою під дією окислювачів [1]. До основних недоліків титанових порошкових матеріалів можна віднести високу вартість та пористість.

Метою даної роботи було дослідження впливу фракцій титанового порошку на щільність, пористість, механічні властивості зразків при постійному тиску пресування, визначення оптимального складу порошку з забезпеченням механічних властивостей, наближених до литого сплаву та подальшого використання отриманих даних при дослідженнях корозійної стійкості.

В якості вихідного матеріалу використовували порошки, хімічний склад яких відповідав титану марки VT1-0 (ГОСТ 19807-91).

Для виготовлення заготовок призматичної форми застосовували холодне пресування на гідравлічному пресі-напівавтоматі при тиску 700 МПа. Проведені раніше дослідження показали, що в зразках, отриманих при тиску нижче цього значення, могли виникати непропресованість та руйнування кромки. Ступінь цих дефектів знижувалася при зменшенні фракції порошку [2]. Спінання відбувалося у вакуумній печі при температурі $1250 \pm 20^\circ\text{C}$ протягом 3 год, охолодження разом з піччю.

Мікроструктури зразків, які попередньо піддавали травленню та поліруванню наведені на рисунку 1. Механічні властивості випробовували за стандартними методиками ГОСТ 1497-84. Об'ємну пористість визначали з

врахування, що щільність литого сплаву ВТ1-0 дорівнює 4,5 г/см³. Отримані дані наведені у таблиці 1.

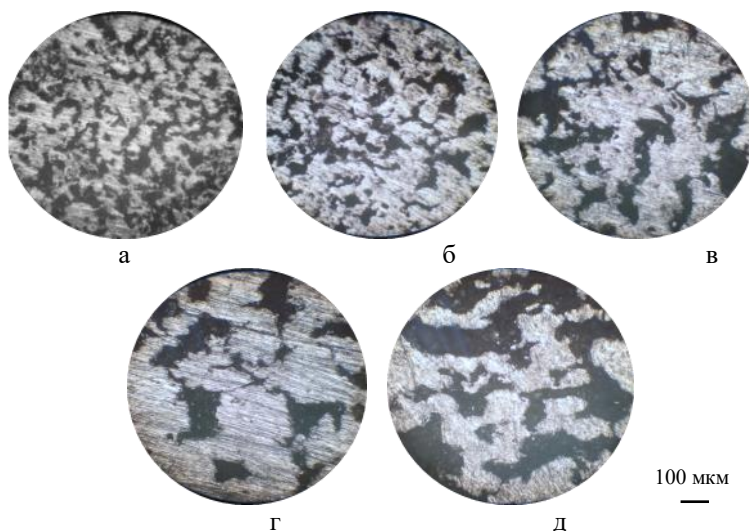


Рисунок 1 – Мікроструктура титанових зразків різних фракцій:
а – 100 мкм, б – 160 мкм, в – 315мкм, г – 630мкм, д – 800 мкм

Таблиця 1 - Основні властивості заготовок із титану марки ВТ1-0 з різними фракціями порошку

Середня фракція порошку, мкм	Щільність, г/см ³	Пористість, %	Механічні властивості	
			HRB	σ_b , МПа [3]
100	3,96	12	54,2	394
160	3,95	12	50,7	385
315	3,89	14	32,7	377
630	3,75	17	29,5	355
800	3,67	18	-	328

Аналіз мікроструктур зразків показав, що при менших фракціях порошку пори мали менші розміри і розташовувалися більш рівномірно по перерізу зразка (рис 1а,б). Збільшення фракції частинок титану призводило як до збільшення розмірів пор, так і до збільшення їх об'ємної частки (рис. 1д). Пояснити можна тим, що чим дрібніше частинки, тим компактніше вони розташовувалися у прес-формі, а менші розміри пор призводили до легшого заліковування останніх при спіканні. Відповідна тенденція зберігалася і при розрахунку пористості та щільності матеріалу: чим менше був розмір

порошку, тим нижче була пористість, вище щільність зразку та більша кількість зон контактів між порошинками мала місце при спіканні.

В результаті дослідження також виявлено, що чим менша фракція порошку була присутня у складі зразку, тим більші показники механічних властивостей він мав (табл. 1), і міцність таких матеріалів наближалася до показників міцності литого титану ВТ1-0 (не менше 343 МПа) [4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савич В.В. Свойства спеченных материалов из губчатых порошков титана / В.В. Савич // Вісн. Українського матеріалознавчого товариства. — Київ, 2016. — № 1(9). — С. 98-106.

2. Влияние режимов прессования и спекания на пористость спеченных титановых изделий / А.Е. Капустян, А.В. Овчинников, В.В. Павлов и др. // Обработка металлов давлением. – 2015. — №2 (41). – С. 221-225.

3. Капустян О.Є. Підвищення механічних і службових властивостей зварних з'єднань спеченого конструкційного титану: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.01 «Матеріалознавство» / О.Є. Капустян. – Запоріжжя, 2018. – 24 с.

4. Илларионов, А. Г. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное пособие / А. Г. Илларионов, А. А. Попов. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 137 с..

УДК 621.355.9:678.046.3

Малярович І. О.¹, Акімов І. В.²

¹ студент НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРАФІТИЗОВАНИХ СТАЛЕЙ ПРИ ВИЗНАЧЕНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Зменшення витрат матеріалу, підвищення надійності та довговічності машин, механізмів та деталей обладнання завжди є головними тенденціями у розвитку машинобудування.

Основними матеріалами для виготовлення металевих форм є сірі й високоміцні чавуни, рідше - низьковуглецеві сталі. Завдяки включенням графіту в структурі існують наступні переваги чавунів:

- висока теплопровідність,
- низька чутливість до концентраторів напружень,
- невисока собівартість.

Проте є недоліки– низькі показники міцності і пластичності, що обмежують терміни експлуатації деяких чавунних виробів, наприклад для металевих форм, внаслідок утворення сітки розпалу та тріщин.

Через високий вміст у структурі графітової фази механічні властивості чавуну (головним чином сірого) відносно низькі. У міру збільшення параметрів робочих процесів машин і механізмів необхідні матеріали, що поєднують цінні властивості чавуну з більш високими показниками міцності, ударної в'язкості і тріщиностійкості. Таким матеріалом є графітізована сталь, яка являє собою сплав заліза з вуглецем з підвищеним вмістом кремнію. Особливістю графітізованої сталі є наявність включень графіту в структурі, що надає цим матеріалам особливі властивості чавуну. Однак, на відміну від чавуну, вміст графіту в цьому матеріалі в 2-3 рази менше, що позитивно позначається на їх механічних та експлуатаційних показниках.

Відомо, що при виробництві деталей у машинобудуванні необхідно скорочувати витрати, оскільки вони впливають на вартість кінцевого виробу. Виходячи з цього, можливість не витрачатися на експерименти і матеріал, є досить цікавим питанням.

Поставленим перед нами завданням, є прогнозування властивостей матеріалів (у даній роботі графітізованої сталі), за допомогою програмного забезпечення (власної розробки) та порівняння з отриманими емпіричним шляхом, результатами відлитих зразків.

В якості інструменту розробки програмного забезпечення будуть використовуватися Angular (рис. 1) з клієнтської боку та Node.js (рис. 2) для серверного боку.

Angular (частіше іменується "Angular 2" або "Angular v2 і вище") – це фреймворк, для розробки веб-додатків з клієнтського боку з відкритим вихідним кодом, заснованому на TypeScript і спільно керована командою проекту Angular-Google і спільнотою приватних осіб і компаній. Angular - це повна переробка AngularJS, фреймворку, створеного тією ж командою. (див. рис. 1).



Рисунок 1 – Angular

Node.js – це кроссплатформенне середовище виконання JavaScript з відкритим вихідним кодом, яке може виконувати код JavaScript поза веб-переглядачем. Node.js дозволяє розробникам використовувати JavaScript для написання інструментів командного рядка та виконання сценаріїв на боці сервера, тобто запуску сценаріїв з боку сервера для створення динамічного веб-контенту перед відправкою сторінки в веб-браузер користувача. (рис. 2)



Рисунок 2 – Node.js

Проведення дослідницьких експериментів передбачає виплавляння та випробування графітізованих сталей на зносостійкість та теплопровідність (найбільш актуальних для графітізованих сталей властивостей) та складання програмного продукту на вказаних оболонках для прогнозування таких властивостей лише з урахуванням хімічного складу сталей. Такий програмний продукт у майбутньому може надати можливість прогнозувати властивості дослідних сталей без необхідності виплавляння сплавів та проведення їх випробувань. Це певною мірою заощадить час та матеріальні витрати на досліді.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Яковлев А. Ю. Повышение термостойкости графитизированной стали для изложниц центробежного литья. 2008р. 65.
2. Акимов И. В. Повышение физико-механических свойств графитизированных сталей. 2004р. 158.
3. Angular [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://github.com/angular/angular>.
4. Node.js [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://github.com/nodejs/node>.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПРОКАТЦІ ЗВАРНИХ ШВІВ ПІДВИЩЕНОЇ ТОВЩИНИ

Під час безперервної холодної прокатки полос зі зварними швами спостерігаються їх пориви. Вважається, що однією з багатьох причин поривів обумовлено ривками міжклітьових натягів під час проходження шва через кліті. Дане питання досліджувалося у багатьох роботах, зокрема [1, 2], однак при деяких обмеженнях, за до допомогою моделі в відхиленнях для однієї кліті. Характер перехідних процесів по натягу і товщині полоси при проходженні через всі кліті залишається багато в чому не розкритим.

У даній роботі рішення задачі прокатки зварного шва послідовно в п'ятиклітьовій безперервній групі виконали із застосуванням моделі, рівняння в якій записані в абсолютних змінних [3]. В моделі враховані пружні коливання клітей і ліній головного приводу, а також транспортне перенесення товщини шва із запізненням.

Мета роботи полягала в тому, щоб показати яку роль відіграє пружна податливість обладнання та полоси в формуванні міжклітьових натягів і товщини шва при його прокатці.

Коли відбувається захоплення і прокатка шва в кліті № 1 при початковому збуренні 0,2 мм при рівній товщині стикуючих полос (рис.1) у всіх клітей збуджується передній натяг. Швидкість прокатки шва в кліті № 1 задали рівній 0,4 м / с з метою детальніше розглянути перехідні процеси. Збурення по натягу розповсюджується в напрямку прокатки до наступних клітей. У товщині шва на виході з кліті №1 виявилися власні коливання (100 Гц) пружної системи кліті. Після їх згасання йде рівна ділянка шву зі зменшеною товщиною ($\sim 0,11$ мм), тобто відбулося природне вирівнювання (зменшення) товщини. При виході шва з кліті спостерігаються коливання товщини найближчої ділянки полоси з її короткочасним утоненням до $\sim 0,06$ мм.

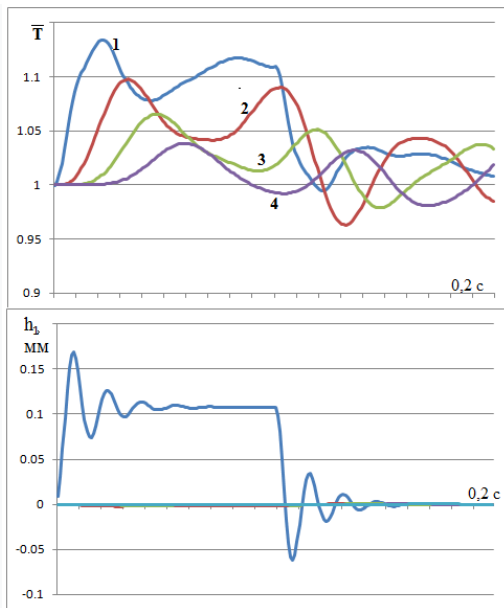


Рисунок 1 – Приклад динаміки міжкільтових натягів T і відхилення товщини шва при його прокатці в кліті №1

У всіх проміжках перший пік коливань натягів максимальний. Найбільшого значення досягає натяг у першому проміжку $1,15 T_{\text{уст}}$. Формування піків інших натягів відбувається із запізненням. При цьому частота їх коливань відповідає частоті крутильних коливань лінії приводу, що природно.

Коливальні процеси, тобто динаміка, спостерігаються також в випередженні, різниці швидкостей входу шва в $(i + 1)$ -ю кліть і виходу з i -ї кліті, в моменті сил пружності. Потім відбувається саморегулювання процесу з гасінням, коливання всіх параметрів припиняються. Товщина шва до кліті №2 переноситься із запізненням при сталому режимі прокатки. Захоплення і прокатка шва тут супроводжуються великим розмахом коливань задніх натягів (рис. 2). Відхилення товщини шва зменшується, слідуючи вирівнюванню відносної різнотовщинності. На виході з кліті шов вже не має плоскої форми. Коливання його товщини були наслідком коливань пружної системи кліті № 2. Така його форма надходить потім в кліть № 3. Типовим є те, що в перший момент відбувається різке ослаблення заднього натягу кліті № 2 T_1 до $0,9 T_{\text{уст}}$ потім його пікове збільшення до $1,05 T_{\text{уст}}$. При надходженні шва в кліть № 3 задній натяг ослаблюється ще менше.

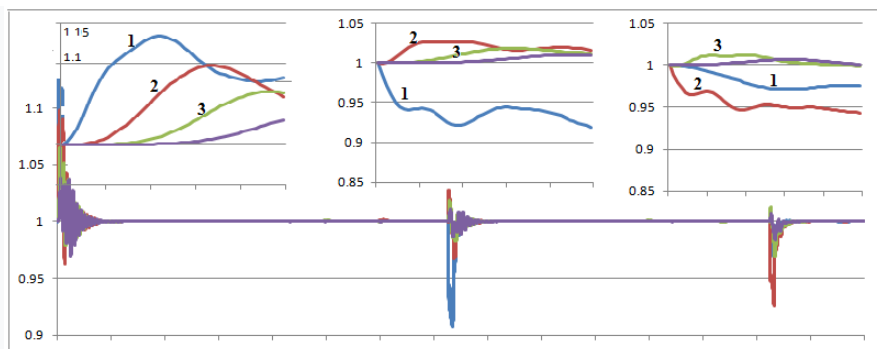


Рисунок 2 – Динаміка проходження швом перших трьох клітей № 1,2,3 безперервної групи: а)- передні натяги; б), в) – задні натяги при вході шва в відповідну кліть

До наступних клітей абсолютне перевищення товщини шва як збурення помітно зменшується, незважаючи на збільшення швидкості прокатки. Разом з цим розмах натягів також зменшується.

Таким чином, збільшена товщина зварного шва, як кінематичне збурення, при проходженні клітей викликає коливальні процеси міжклітьових натягів і товщини власне шва та ділянки, близької до нього. В них відображаються пружні коливання клітей і лінії приводу. Амплітуда коливань натягів і товщини шва зменшуються до останніх клітей. Однак найбільший різкий розмах першого коливання завжди відбувається в задньому натягу T_1 при вході шва в кліть № 2: від «провалу» натягу в межах $(0,5-0,8) T_{уст}$ до пікового значення $(1,1-1,2) T_{уст}$ (в залежності від швидкості та параметрів прокатки). Відзначимо, що без урахування пружно-інерційних властивостей обладнання динаміка параметрів відсутня, як це, наприклад, свідчить робота [4]. Аналогічним чином авторами досліджена динаміка безперервної прокатки з підвищеним опором деформації в порівнянні з зварюваними полосами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Прокатка металла со сварными соединениями / В.Л. Мазур, В.И. Мелешко, Д.П. Галкин [и др.]. М.: Металлургия, 1985. – 112 с.
2. Полухин В.П. Математическое моделирование и расчет на ЭВМ листовых прокатных станов / М.: Металлургия. – 1972. – 512 с.
3. Веренев В.В. Переходные процессы при непрерывной прокатке. / В.В. Веренев, А.Ю. Путники, Н.И. Подобедов// Д.: Літограф, 2017. – 116 с.
4. Выдрин В.Н. Процесс непрерывной прокатки /В.Н. Выдрин, А.С. Федосеенко, В.И. Крайнов // М.: Металлургия, 1970. – 456 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ЗВОРОТНЬОГО ВИДАВЛЮВАННЯ

Технологічний процес видавлювання в тому числі і зворотнього – один з найефективніших процесів деформування. Застосування холодного видавлювання в масовому виробництві приводить до зниження трудомісткості в 5 ÷ 10 разів та зменшенню вартості інструменту втричі.

Тим не менш цьому процесу властиві й деякі недоліки. Їх можна розділити на наступні:

- а) недоліки, пов'язані з конструкціями штампів;
- б) недоліки, пов'язані з конструкцією обладнання;
- в) недоліки, викликані особливостями течії металу при видавлюванні.

В оптимізації технологічних процесів і конструкцій штампів для холодного й напівгарячого видавлювання був проведений відповідний аналіз конструкцій штампів та наведені приклади їх оптимізації. Як відомо, стійкість штампів для холодного видавлювання деталей визначається стійкістю пуансонів та матриць. Пуансон й матриця мають групу конструктивних елементів, які визначаються формою й розмірами видавлюваної деталі. Отже, вони повинні бути однаковими в будь-якій конструкції штампу. Всі інші конструктивні параметри пуансонів й матриць визначаються силовими умовами їх роботи.

Основні конструктивні елементи в пуансоні: робоча частина Р, перехідна П й установча У. Робоча частина ділиться на головку г й стрижень с, установочну – на посадкову п і опорну о.

Для опису конструкції пуансона необхідно задати значення 21 незалежного конструктивного параметру (рис. 1). частина з них визначається конструкцією видавлюваної деталі (d_n , l_p , а інколи й d_t , α_t , r_t , r_k), частина може вибиратися на розсуд конструктора. Конструктор може прийняти для будь якого k різноманітні значення l та отримати для даного конструктивного елементу E_{ij} безліч конструктивних рішень (рис.1 б – ж). Якщо взяти вся допустимі значення l всіх конструктивних параметрів k , то в безлічі E_{ij} отримаємо непрацездатні пуансони й працездатні, а якийсь з них буде володіти максимальною стійкістю.

Таким чином, для оптимізації на вищому рівні необхідно розглянути безліч можливих конструктивних виконань кожного з E_{ij} елементів, які створюють структуру S_i , й вибрати для включення в S_{opt} ті елементи E_{ij} , які мають максимум стійкості C_{ij} .

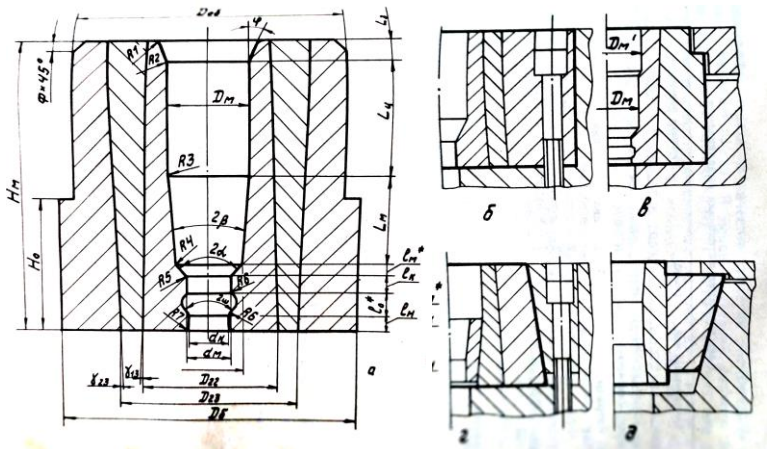


Рисунок 2 – Узагальнена конструкція матриці (а) та її основні типи (б–д)

Відносно штампового оснащення пропонується наступна конструкція [1]. Механізм видалення готових виробів виконати у вигляді змонтованої на нижній плиті нерухомої рами з живильником. Також встановити приводну раму, яка встановлюється з можливістю горизонтального переміщення по направляючим, які є на нерухомій рамі. Ця приводна рама забезпечена змонтованими на її боковинах, з можливістю зустрічного переміщення за допомогою приводу, двома планками з закріпленими на них двома парами захватів, одна з яких має вісь симетрії, яка співпадає з віссю симетрії живильника, а інша – з віссю симетрії матриці. На планках закріплені дві пари гайок, при цьому гайки, що закріплені на одній планці, мають праве різьблення, а на іншій – ліве.

Пристрій [1] також забезпечений регулювальними гвинтами, а привід переміщення планок виконаний у вигляді закріпленого на приводній рамі силового циліндру, кінематично зв'язаного за допомогою важелів й тяг з регулювальними гвинтами, які встановлені в парних гайках. Крім того, пристрій забезпечений знімачем, змонтованим на штоці силового циліндру, встановленого на нижній плиті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Авторское свидетельство СССР №541554 Устройство для изготовления полых изделий авторское свидетельство / Н.Н. Половина, В.Д. Обдул, Ю.Н. Половина. – Опубл. 05.01.1977.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗВОРОТНЬОГО ВИДАВЛЮВАННЯ

Обладнання, що використовується для зворотнього видавлювання, повинне відповідати вимогам технологічного процесу – мати підвищену жорсткість преса, робочий хід до 10 мм, що приводить до застосування пресів з номінальним зусиллям в $2\div 3$ рази більше за розрахункове. Якщо мати на увазі відношення довжини отриманої деталі до діаметра, яке може досягати до 10:1, то необхідно використовувати преси зі збільшеним ходом повзуна, а це преси з чисто кривошипним валом, які мають невелику жорсткість. Крім того, треба мати на увазі навантажувальний графік преса і графік зусилля при видавлюванні.

Пропонується як механічний так і гідравлічний преси для зворотного видавлювання, які дозволять підвищити ефективність процесів видавлювання.

Для покращення техніко-економічних показників пресу [1], розширення його технологічних можливостей й збільшення надійності в роботі прес необхідно забезпечити рухомою плитою, яка встановлюється на столі пресу з можливістю переміщення уздовж осі його по направляючим від силового циліндру, а також підставками, що розташовані на столі пресу й шарнірно з'єднаними за допомогою двоплечих важелів з силовими циліндрами, змонтованими на станині, при цьому корпус силового циліндру прикріплений до нижньої поверхні столу. Крім того, радіус ексцентриситету ексцентрикового валу складає 0,5 – 0,8 повного ходу повзуну пресу.

Прес [1] складається з станини (рис. 1), маючої стіл 1, бічні стійки 2 й верхню поперечину 3 пресу, стягнуті колонами 4. Для отримання підвищеної жорсткості станини пресу може бути застосована обмотка станини сталюю стрічкою або проволокою. Між стійками 2 вздовж направляючих переміщується повзун 5 з прикріпленою до нього верхньою частиною 6 інструменту.

Привід повзуну 5 з інструментом 6 здійснюється від ексцентрикового валу 7 (рис. 14) через шатун 8. На одній з консолей ексцентрикового валу встановлена муфта зчеплення 9, кінематично зв'язана зубчастим вінцем з шестернею проміжного валу 10. Проміжний вал приводиться в обертання від електродвигуну 11 через клиноремінну передачу 12.

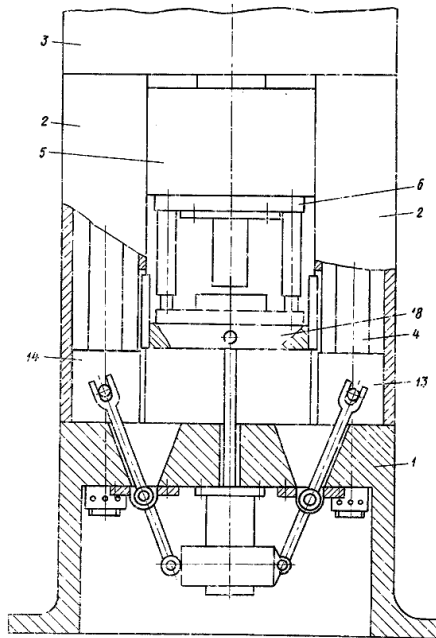


Рисунок 1 – Механічний прес для зворотного видавлювання

На столі 1 пресу встановлені дві підставки 13 і 14, які переміщуються по столу 1 через двоплечі важелі 15 і 16 двома силовими циліндрами 17. Крім того, на столі встановлена рухома плита 18 з закріпленою на ній нижньою частиною 19 інструменту. Переміщення рухомої плити 18 вгору-вниз по направляючим здійснюється за допомогою силового циліндру 20. Управління силовими циліндрами 17 і 20, які мають корпус, в середині якого переміщується поршень з штоком, здійснюється золотниками 21 і 22, які зв'язані трубопроводами 23, 24, 25 і 26 з порожнинами силових циліндрів, по яким підводиться або відводиться енергоносіє.

Після подачі заготовки в нижню частину інструменту, укріплену на рухомій плиті 18, подається команда на переключення золотника 22, управляючого силовим циліндром 20. При цьому енергоносіє необхідного тиску надходить в поршневу порожнину циліндру 20. Поршень циліндру, переміщуючись вгору, встановлює в робоче положення рухома плиту з нижньою частиною інструменту. Після встановлення плити в робоче положення спрацьовує золотник 21, при цьому енергоносіє поступає в поршневі порожнини циліндрів 17. Поршні циліндрів переміщують нижні

плесі важелів 15 і 16, при цьому підставки 13 і 14 пересуваються до центру стола 1 пресу й займають робоче положення.

Після встановлення підставок 13 і 14 в робоче положення розгальмовується ексцентриковий вал 7, й замикається муфта 9, після чого двигун 11 через клиноремневу передачу 12, проміжний вал з шестернею 10, муфту 9, ексцентриковий вал 7 і шатун 8 приводить у рух повзун 5. Повзун, переміщуючись вниз, повертає золотник в вихідне положення за допомогою кінцевого вимикача, при цьому енергоносіє поступає в штокову порожнину й відводиться з поршневої порожнини циліндру 20, а плита 18 з нижньою частиною інструменту опускається на підставки 13 і 14.

При подальшому русі вниз верхня частина 6 видавлює виріб і відходить в крайнє верхнє положення. При підході до крайнього верхнього положення спрацьовує кінцевий вимикач, переключається золотник 22, й рухома плита 18 з інструментом піднімаються, спрацьовує золотник 21, а відповідно, й циліндри 17, при цьому нижні кінці важелів 15 і 16 починають сходитись, й підставки 13 і 14 займають вихідне положення. При підході до крайнього положення повзуна 5 подається команда на відключення муфти 9 і спрацьовують гальма, повзун 5 займає вихідне положення. Після цього подається команда на переключення золотника 22, при цьому енергоносіє поступає в штокову порожнину циліндру 20, поршень переміщується вниз і опускає плиту 18 на стіл 1. Готовий виріб забирається з робочої зони.

Ще один прес, який пропонується впровадити для зворотного видавлювання – прес гідравлічний [2]. Він складається з станіни, співвісно встановлені нижній робочий циліндр, який закріплений на нижній рухомій поперечині, і верхній робочий циліндр, розміщений у верхній частині станіни. Він відрізняється тим, що з метою зниження енерговитрат, підвищення продуктивності й розширення номенклатури виробів, які виробляються, він забезпечений верхньою рухомою поперечкою, зв'язаною з штоком верхнього циліндру щонайменше однією парою бічних циліндрів, які розташовані в верхній частині станіни, рухомими упорами, зв'язаними з штоками бічних циліндрів, а також циліндрами зворотного ходу, які розміщені в нижній частині станіни.

Прес [2] включає станіну, яка складається з бічних стійок 1, нижньої поперечини 2 й верхньої нерухомої поперечини 3, скріплених нерухомо в одне ціле (рисунки 2). Для суттєвого збільшення жорсткості пресу на станіну накладена обмотка з сталевієї смужки. На нижній нерухомій поперечині 2 закріплений плунжер робочого циліндру 4, на якому встановлена з можливістю переміщення гільзи робочого циліндру 5. На верхню поверхню дна циліндру 5 кріпиться нижня рухома поперечина 6, до якої кріпиться нижня частина штампу 7. На верхній рухомій поперечині 3 з фронту й тилу закріплені циліндри 8, штоки яких зв'язані з верхньою рухомою

поперечиною 9. В верхній частині станіни на стійках 1 встановлені бічні циліндри 10, штоки яких зв'язані з рухомими упорами 11. До верхньої рухомої поперечини 9 кріпиться верхня частина штампу 7. До верхньої частини станіни пресу 12 кріпляться циліндри 13 зворотного ходу, плунжери яких розташовуються в кінематичному контакті з фланцем робочого циліндру 5.

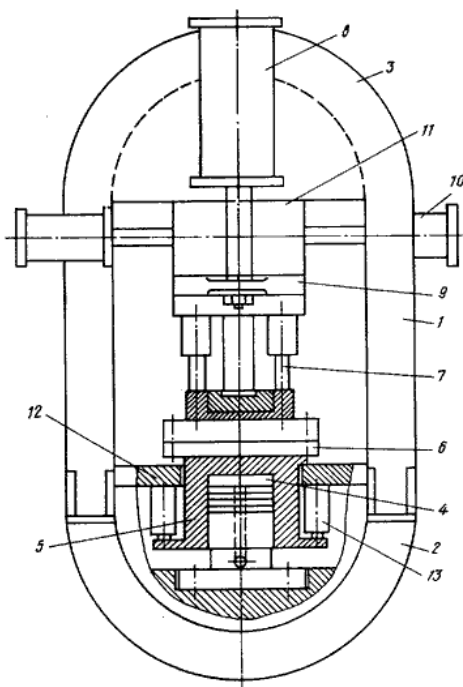


Рисунок 2 – Гідравлічний прес

В матрицю штампу вручну або за допомогою механізму поміщають заготовку. Спрацьовують циліндри й переміщують верхню рухому поперечину 9 з закріпленою на ній верхньою частиною штампу 7 на робочу позицію, після чого спрацьовують циліндри 10 й переміщують рухомі упори 11 в простір, який створюється верхньою нерухомою поперечиною 3 і верхньою рухомою поперечиною 9. Після спрацьовування циліндрів 10 поступає команда на включення робочого циліндру 4, рідина високого тиску починає надходити в його робочу порожнину й гільза циліндру 4 починає рух вгору разом з нижньою рухомою поперечиною 6 й нижньою частиною

штампу 7 – відбувається деформування заготовки, яка розміщена в матриці. По закінченню деформування циліндр 4 відключається, вмикається зворотні циліндри 13 й гільза циліндру 4 разом з нижньою рухомою поперечиною 6 й нижньою частиною штампу 7 повертається на вихідну позицію – в крайнє нижнє положення. В момент початку руху нижньої рухомої поперечини спрацьовують циліндри 10, відводять рухомі упори на вихідну позицію до стійок, після чого спрацьовують циліндри 8 й піднімають верхню рухому поперечину 9 з прикріпленою до неї верхньою частиною штампу в вихіднє крайнє верхнє положення. Відбувається видалення готового виробу, подається нова заготовка.

Отже, виходячи з зробленого аналізу запропоновані преси для зворотного видавлювання дають змогу:

- збільшення продуктивності роботи;
- покращення техніко – економічних показників;
- розширення технологічних можливостей пресу;
- збільшення надійності в роботі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Авторское свидетельство СССР №541680 Механический пресс / Н.Н. Половина, В.Д. Обдул, Ю.Н. Половина. – Оpubл. 05.01.1977.
2. Авторское свидетельство СССР №1191306 Пресс гидравлический / В.Д. Обдул, В.И. Дубина, В.В. Щербина, В.Д. Бадьгин. - Оpubл. 15.11.1985.

УДК 621.771.06:681.5.015

Подобедов Н.І.¹

¹ канд. техн. наук, с.н.с ІЧМ ім. З.І. Некрасова, НАНУ, м. Дніпро, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІКИ ЗАХОПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ ВАЛКАМИ У ПОВЗДОВЖНІЙ ПРОКАТЦІ

Ілюстрацією повздовжньої прокатки є «застигла динаміка» проходження металу між парою валків в сталому русі [1,2]. Такий статичний підхід передбачає силову рівновагу при взаємодії трьох основних мас - заготовки, валків та їх приводу. Природа їх взаємодії в перехідних режимах прокатки досі чітко не визначена.

Таким чином, технологічне навантаження, знайдене в умовах сталого режиму прокатки, задається, а не формується в процесі механічної взаємодії трьох основних мас. Іншими словами, зусилля прокатки вже сформовано апіорі і задається як зовнішня сила для замкнутої механічної системи «валки-заготовка», а не як внутрішня сила для даної системи. Тобто, слідство

йде попереду причини - зовнішній момент прокатки провокує відповідну реакцію приводу валків і таким чином породжує видимість динамічного процесу псевдопрокатки.

Однією з причин такого становища слід пояснювати тим, що динамічні процеси (яким є прокатка) описуються методами статyki і силової рівноваги. У повідомленнях [3,4] пропонується спосіб перегляду підходу до динаміки прокатки, переоцінки природи силової взаємодії заготовки і валків.

Мета роботи: пошук висвітлення на прикладі динамічного захоплення заготовки процесу поздовжньої прокатки заготовки не тільки в період перехідних процесів, а й самої прокатки у сталому режимі.

Основним припущенням є те, що робочі валки котяться по поверхні заготовки - як запропоновано автором в [5,6], залишаючись в умовах сталого руху.

При коченні циліндра або валка по деформованій поверхні поздовжня N і дотична F сили як незалежні по-своєму деформують поверхню смуги. На рисунку 1 показані три складові взаємодії валка і поверхні заготовки:

а) деформаційне зміщення Δz вздовж лінії OD дії радіальної сили N , викликає також переміщення металу перпендикулярно і симетрично щодо OD вздовж очагу деформації AC відповідно до принципу Пуассона (рис. 1а);

б) зсув металу на кут γ всієї дуги AC захоплення дотичною силою F (рис. 1б);

в) обертання β центру валка коло точки A рушійним моментом M (рис. 1в).

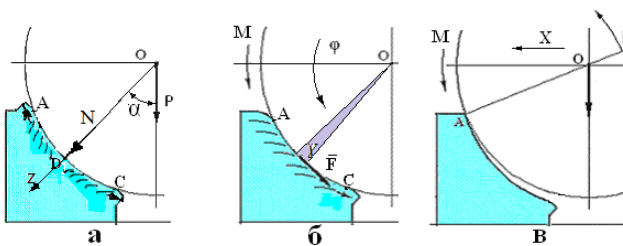


Рисунок 1 – Складові переміщення валка по поверхні заготовки

Дотична сила визначається із залежності $F \approx 2 \cdot S \cdot G \cdot \gamma$, де S і G - площа контакту і модуль зсуву металу. Поздовжня сила дорівнює –

$$N = C_{\Pi} z,$$

де C_{Π} - жорсткість металу.

Таким чином, основні сили - поздовжня N і дотична F - визначають деформацію поверхні металу, тоді як рушійний момент M переміщує центр

валка вздовж заготовки. Причому згадані сили діють на шар металу, прилеглого до поверхні валка на товщину деформації Δz .

Слід зазначити, що в запропонованому підході можливе пояснення явища відставання і випередження верхнього шару металу перед та за очагом деформації. В точці А (рис. 2) кутова відносна швидкість металу щодо швидкості обертання валка ϕ дорівнює: $\Delta\phi_A = \gamma - 0,5 \cdot \eta \cdot z / R$, а у точці С, на виході - $\Delta\phi_C = \gamma + 0,5 \cdot \eta \cdot z / R$, де η - коефіцієнт Пуассона.

При захопленні заготовки валок долає перешкоду загального вигляду висотою $H_0(x) = L(x)$. Найпростіший випадок - це сходи́нка, коли валок, спираючись на точку А огинає його, виходячи на рівень горизонталі після повороту на 90° і потім «котиться» по ній (рис.2).

Рівняння обертання β центру валка коло точки миттєвого обертання А:

$$J \cdot \ddot{\beta} = M_{12} - M_{\text{пр}},$$

де $J = J_0 + m_B R^2$ - приведений до точки обертання А момент інерції валка; J_0 - його момент інерції навколо своєї осі; $M_{\text{пр}} = M_1 + M_2$ - сумарний момент опору, що складається з моменту $M_1 = PR \cos(\beta)$ по переміщенню валка навколо точки А і моменту дотичного опору деформації контакту $M_2 = RF$. M_{12} - рушійний момент від приводу валка.

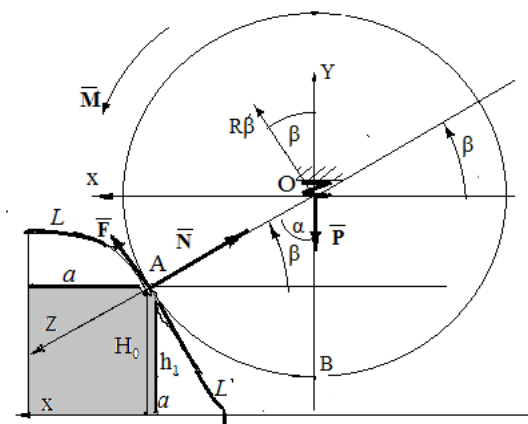


Рисунок 2 – Схема взаємодії валка та заготовки

Зусилля реакції заготовки N , що утворюється від дії сили реакції кліті P , визначається за рівнянням руху маси валка m_B вздовж лінії ОА (рис.2):

$$\ddot{N} = (P \cdot \sin \beta - N) / m_B \cdot$$

Використовуючи вихідні дані для стану 2800, отримано динамічне захоплення заготовки, результати якого представлені на нижченаведеному рисунку. Розрахунок моменту прокатки для варіанту динамічного захоплення заготовки для кута захоплення $\alpha = 0,05$ радіан, для якого $\beta = 1,5$ рад.

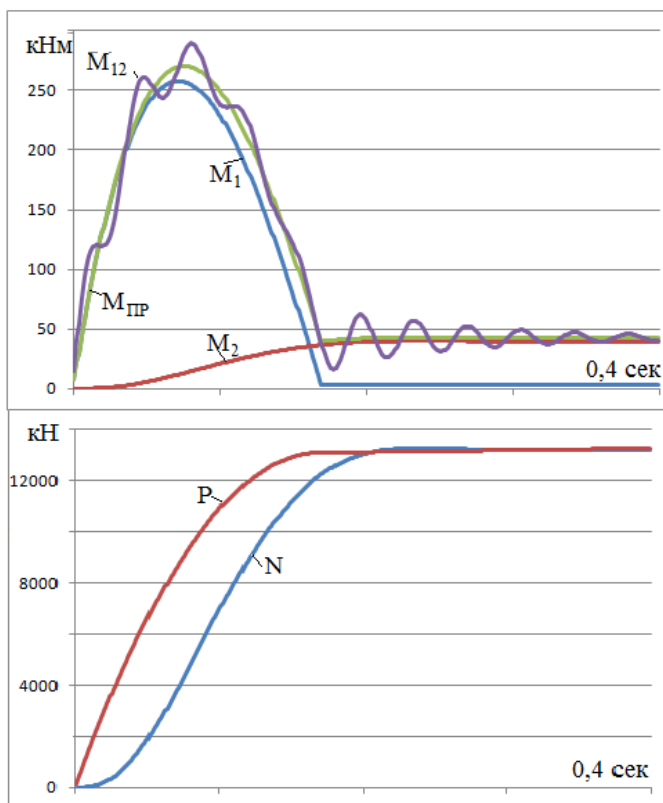


Рисунок 3 – Моменти сил пружності (M_{12}) і сумарного моменту прокатки ($M_{пр}$) і його складових M_1 і M_2 (а); силові реакції кліті P і заготовки N (б) при швидкості 1,0 м/с.

Основне завдання, яке переслідує дане повідомлення, – запропонувати дещо інший динамічний погляд на формування силових параметрів прокатки, виникнення нейтрального кута в зоні деформації та поширити запропонований підхід на пояснення природи опору коченню циліндричного тіла по деформованій поверхні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Целіков А.І. Теорія поздовжньої прокатки. / Нікітін Г. С., Рокотян С.Є. - М.: Металургія 1980. - 320 с.
2. Грудєв А.П. Теорія прокатки. М. Металургія. 1988. 250 с.
3. Моделювання захоплення заготовки прокатними валками. Подобєдов Н.І., Юнаков А.М., Корінний В.В. Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. № 13, 2006, с. 115-122
4. Подобєдов Н.І. Механіка взаємодії валків з металом при поздовжньої прокатці. Матеріали 4-ї Міжнародної науково-технічної конференції "Мащини та пластична деформація металу". Кам'янське, 17-20 жовтня 2018 року - стор. 98-104. ДДТУ, 2018.
5. Ноговіцин О.В. Застосування рухомий системи координат для опису процесу прокатки. Метали. №6. 1989. с.59-60.
6. Ноговіцин О.В. До теорії осередку деформації при холодної прокатки. Вісник ОНУ. Чорна металургія. № 1, 1992. С.38-43.

Наукове електронне видання
Можна використовувати в локальному та
мережному режимах

**Міжнародна науково-технічна конференція
«МАШИНИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ
МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ»**

Збірник тез доповідей
Міжнародної науково-технічної конференції
20–22 жовтня 2020 року

Один електронний оптичний диск (DVD-ROM);
супровідна документація.
Тираж 100 прим. Зам. № 1174

Видавець і виготовлювач
Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.