

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
«магістр»

на тему: «Удосконалення технології об'ємного штампування шліцьових
виробів»

КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини і засоби механізації
сільськогосподарського
виробництва»*
спеціальності *133 Галузеве
машинобудування*
ступеня вищої освіти *магістр*
групи 133ГМмз_21[1]
ДЕМУС Дмитро

Керівник: к.т.н., доцент
ДУДНИК Володимир

Рецензент: к.т.н., доцент
ІВАНКОВА Олена

Полтава – 2023 року

ВСТУП

Одним із шляхів підвищення якості ремонту і обслуговування сільськогосподарської техніки є зміцнення ремонтної бази, збільшення обсягів і розширення номенклатури відновлення зношених деталей. Частку використання вторинних матеріалів при ремонті машин і обґрунтованому підході до проблеми заміщення вибракуваних в процесі фізичного зносу деталей можна довести до 30...40%. В даний час із-за високих навантажень на техніку сільськогосподарського призначення, відсутність резервів і поповнення новими машинами зросли до 50% витрати на придбання запасних частин в загальній структурі трудомісткості робіт при капітальному ремонті. Паралельно з цим спостерігається неухильне підвищення вартості металу, енергетичних і трудових ресурсів, відбувається ірраціональне споживання сировинних запасів країни, скорочуються капітальні вкладення в ключові галузі промисловості .

Так як витрати на метал стають основним елементом собівартості деталей, то його економне і репродуктивне використання набуває особливо важливого значення. Враховуючи також те, що енерго- і матеріаломісткість технологічних процесів виробництва продукції машинобудування на підприємствах України багаторазово перевищує аналогічні показники розвинених країн, можна зробити висновок про перспективність проведення науково-дослідних робіт в напрямку розробки прогресивних технологій відновлення автотракторних деталей.

Об'єкт розробки – шліцьові поверхні маточини ведених дисків муфт зчеплення двигуна.

Предмет розробки – створення технології відновлення шліцьових деталей.

Мета кваліфікаційної роботи магістра – підвищення довговічності шліцьових деталей типу маточин з фланцем, що зношуються по шліцьовому отвору і отворів під заклепки, шляхом їх відновлення об'ємною обробкою тиском в закритому штампі.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Постановка актуальної технічної задачі – підтверджується існуючим рівнем незадоволеної потреби в запасних маточинах ведених дисків муфт зчеплення автотракторних двигунів через низький їх ресурс.

Практичне значення кваліфікаційної роботи магістра – проведення експериментально-теоретичних досліджень, виробничої перевірки і експлуатаційних випробувань комплекту технологічної та конструкторської документації, що дозволяють організувати відновлення подібних маточини деталей в умовах ремонтного підприємства.

Практичні результати роботи – полягають в розробці ресурсозберігаючої технології комплексного усунення дефектів маточини зі збереженням вихідного рівня показників якості.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – ресурс відновлення маточин ведених дисків муфт зчеплення двигунів за результатами експлуатаційних випробувань становить 89...100% від ресурсу серійно виготовлених, що відповідає технічним вимогам на капітальний ремонт двигунів.

Апробація. Основні положення виконаної роботи доповідались і обговорювались:

- на VI Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування» (Україна, Полтава, 21-22 грудня 2023 року).

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз особливостей роботи шліцьових з'єднань

Шліцьові з'єднання широко застосовуються в сільськогосподарській техніці, тому встановлення закономірностей їх роботи та дослідження можливостей використання цих закономірностей для підвищення надійності та довговічності машин заслуговує на пильну увагу [1].

Незліченні спостереження за роботою сільськогосподарських машин показали, що їх недостатня довговічність тісно пов'язана з роботою шліцьових з'єднань. Відомі з технічної літератури уявлення про механізм дії шліцьових з'єднань не пояснюють низку явищ, що виникають при їх експлуатації. Через неповне розуміння механізму роботи шліцьових з'єднань допускаються серйозні прорахунки при конструюванні муфт. Загальноприйняті в технічній і довідковій літературі методи розрахунку шліцьових з'єднань є елементарними і зазвичай зводяться до визначення питомих навантажень на бічні грані шліців і перевірки на зсув.

Під час попереднього аналізу було виявлено, що знос шліца створює невідповідність втулки на валу, що робить абсолютно очевидним те, що доцільно замінити або відновити зношену втулку. Подальша експлуатація або перестановка маточин на валу для роботи з незношеною стороною призводить до підвищеного зносу і може спричинити руйнування деталей.

Дана робота присвячена теоретичному аналізу процесу формоутворення шліцьового отвору маточини муфти зчеплення при його відновленні тиском. У ній встановлюються теоретичні залежності, що дозволяють з більшою вірогідністю вести розрахунки штампного оснащення для пластичного деформування шліцьових деталей, а також необхідних для цього зусиль [2].

На підставі теоретичного аналізу та проведених експериментів даються рекомендації, здійснення яких в значній мірі допомагає вирішити проблему

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищення надійності і довговічності шліцьових передач. Пропонується новий, більш прогресивний метод комплексного ремонту шліцьових сполучень, що підвищує в кінцевому підсумку ресурс двигуна.

1.2 Аналіз відомих способів відновлення внутрішніх шліцьових поверхонь

Маточина веденого диска муфти зчеплення відноситься до деталей тіл обертання з фланцем, що мають складний профіль шліцьових отвір. В даний час існують наступні способи відновлення подібних деталей.

Відома технологія відновлення шліцьового отвору маточини двигуна А-41 (рис. 1.1), яка полягає в прорізуванні кільцевої канавки у фланці, нагріванні до температури пластичної деформації, відрізування втулки від фланця і проштовхуванні за допомогою гідравлічного преса через накатні ролики. Потім втулку з відновленим профілем шліців запресовують у фланці і приварюють один до одного. Шліцьовий отвір калібрують протяжкою [3]. Однак, введення в технологічний процес додаткової операції зварювання збільшує трудомісткість відновлення, зварений шов в найбільш навантаженому перерізі є концентратором напружень, порушується монолітність і однорідність структури. Спосіб реалізується в пристрої для ремонту маточин, встановленому на спеціальному верстаті. Рухаючись уздовж шліца, твердосплавних клиновий ролик вичавлює канавку, збільшуючи ширину виступу шліца. Після обробки всіх виступів поглиблення на них заварюють, розточують, гартують і шліфують бічні поверхні шліців. Спосіб застосовується тільки для великомодульних шліцьових зубів із зносом не більше 0,3 мм.

При відновленні шліцьових отворів встановленням додаткової ремонтної втулки [4] роблять розточуванням шліца до діаметра, що перевищує на 0,5..1,5 мм висоту шліців валу, виточують втулку, обжимають її в гарячому стані навколо шліцьового сердечника, проточують по діаметру, запресовують з натягом в маточину (рис. 1.2). Істотним недоліком даного способу є підвищена витрата металу, коефіцієнт використання якого становить менше 0,3.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.1 - Спосіб ремонту з відділенням фланця від маточини

Рисунок 1.2 - Маточина, відновлена ремонтною втулкою

В роботі [5] рекомендується відновлення паралельності бічних граней шліців шляхом шліфування зі зняттям шару металу, рівного величині максимального зносу (рис. 1.3). В цьому випадку, внаслідок зменшення товщини шліца, зменшується його втомна міцність [6].

Рисунок 1.3 - Схема шліфування бічної грані шліфа

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для відновлення шліцьових втулок застосовується накатка роликами на токарному верстаті навколо оправлення [7]. Відновлення внутрішніх шліців досягається за рахунок зменшення зовнішнього діаметра деталі (рис. 1.4). При цьому в районі фланця деформація металу відсутня, тобто відбувається неповне формування шліців по довжині, збільшення профілю недостатньо для створення припусків на протягування.

Рисунок 1.4 - Схема процесу накатки шліцьового отвору втулки

Відомий спосіб відновлення деталей з внутрішнім зубчастим профілем, що включає в себе наплавлення зовнішньої поверхні, нагрів, обтиснення деталі шляхом осьового переміщення обжимного інструменту і подальшу обробку (рис. 1.5). Цим методом відновлюють чашку водила автомобіля МАЗ-5849.

Рисунок 1.5 - Схема обтиску деталі з внутрішнім зубчастим профілем

Однак для одночасного обтиску такої деталі по всій площі зовнішньої поверхні потрібно значне зусилля деформації, що не завжди забезпечується наявним на ремонтному підприємстві пресовим обладнанням.

Найбільш поширеним способом відновлення шліцьових з'єднань є

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наплавлення вручну або механізованим способом зношених поверхонь, наприклад, електродом Т-590 ГОСТ 10051-75, з подальшою їх токарною обробкою і протягуванням. Застосовують також автоматичне наплавлення під шаром флюсу дротом Св-30ХСА, що дає після наплавлення твердість 30...33 НРС.

Шліци можливо наплавляти в кругову по гвинтовий лінії на установці вібродугового наплавлення, застосовуючи наплавляючу головку ГМВК-2. Рациональний спосіб наплавлення вибирають в залежності від розмірів шліца і величини зносу.

Наплавлення трудомістке, малоефективне, викликає викривлення, перегрів, порушення однорідності структури, зниження механічних властивостей. Діаметр відновлюваного шліцьового отвору при цьому обмежений габаритами мундштука. Крім того, перерахованим способам в цілому притаманна поява небажаної біметалічної структури на робочій поверхні зуба, схильної до концентрації напружень і має низькі показники циклічної і втомної міцності.

Для відновлення шліцьових деталей застосовується також технологія наплавлення металу на бічні поверхні і в западини евольвентних шліців муфти зчеплення, нагріванні заготовки і деформації роликми накатної головки з витісненням металу до вершин шліців.

Відомий спосіб відновлення шліцьових поверхонь комбінованим наплавленням металу на поверхню окружності виступів зі зміщенням в сторону зношеної бічної поверхні з подальшою деформацією до вихідного профілю шліца (рис. 1.6).

Рисунок 1.6 - Спосіб асиметричного наплавлення, суміщеного з деформуванням

З довідкової літератури відомо, що шліцьові поверхні можуть бути відновлені електроконтактним приварювання металевих смуг, але істотного зниження трудомісткості і підвищення якості відновлення при цій технології не досягається [8].

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запатентований спосіб відновлення шліцьових деталей, при якому на місці зламаного виступу виконують паз у вигляді «хвоста» і встановлюють в ньому вкладиш з матеріалу відновлюваної деталі, повторює за формою паз і виступ (рис. 1.7) [9]. Цей спосіб придатний тільки для відновлення великогабаритних шліців.

Рисунок 1.7 - Спосіб ремонту шліцьових з'єднань вкладишем

Автором [10] запропонував при невеликому зносі ремонтувати шліци карбуванням в спеціальному пристосуванні зубилом, після чого поглиблення заварювати газовим зварюванням. Однак велика частка ручної праці при карбуванні не сприяє якості і збільшує ризик травматизму.

Виходячи з проведеного аналізу способів відновлення внутрішніх шліцьових з'єднань стосовно до деталей типу маточин з фланцем, можна зробити висновок про невирішеність проблеми комплексного відновлення дефектів подібних деталей і необхідність проведення додаткових досліджень в цьому напрямку.

В даний час на більшості підприємств, що займаються ремонтом тракторних двигунів, маточини ведених дисків муфт зчеплення або замінюються на нові, або, за відсутності запчастин, виготовляються знову з круга, що викликає невиправдано завищені перевитрати легованої сталі і високу собівартість капітального ремонту.

Відсутність досконалих і прийнятних для ремонтних заводів впроваджень нових технологічних процесів відновлення аналогічних деталей створює передумови для розробки принципово нової технології отримання маточини муфти зчеплення зношеної, за структурою, фізико-механічними властивостями, працездатності і довговічності, що не відрізняється від серійної.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Передумови відновлення маточин пластичною деформацією

Потреба в розробці нової технології відновлення маточин, зношених по шліцьовому отвору і фланцю, виникла в зв'язку з припиненням централізованих поставок запчастин даного найменування. Ремонтні заводи, що спеціалізуються на капремонті двигунів, змушені самі виготовляти маточини з круглого прокату, витрачаючи при цьому дефіцитну леговану сталь і не отримуючи прибутку, несучи значні втрати у відходи. До прогресивно-економічних методів відновлення сталевих деталей середнього розміру складного профілю відноситься метод тиску, заснований на перерозподілі металу під дією навантаження від неробочих поверхонь до зношених [11]. При необхідності наплавлення використовують для нанесення компенсаційного шару металу [12].

Деталі, відновлені тиском, мають монолітну дрібнозернисту структуру з підвищеною зносостійкістю, збережено волокнисту макроструктуру, не порушується суцільність волокон, відсутні тріщини, складки і з'єднання, добре обробляються різанням і є підлягають вторинній хіміко-термічній обробці. Конструкція і типорозміри подібні до нових, серійних деталей, а за терміном служби не поступаються їм. Поєднання декількох операцій з усунення сукупності дефектів в одному технологічному процесі - об'ємне штампування - підвищує продуктивність процесу. Для зниження енергоємності процесу метод допускає можливість поетапного деформування деталі, що може значно знизити робочу силу друку [13].

Запропонований спосіб відноситься до ресурсозберігаючих, оскільки в якості заготовки використовується зношена деталь.

Переваги описаного вище способу дозволяють використовувати його як основний для відновлення зношених маточин ведених муфт двигуна, а для полегшення процесу деформації по всій площині пропонується використовувати гідравлічну насадку, з'єднану з ресивером і секцією. померти.

Висновки і постановка завдань досліджень

Виходячи з аналізу літературних джерел, зносостійкого стану деталей,

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

результатів пошуку відомих способів відновлення шліцьових поверхонь, можна зробити наступні висновки:

- досліджувані маточини відносяться до плоских складнопрофільних тіл обертання;
- під дією крутного моменту найбільш інтенсивному зношуванню піддаються шліцьовий отвір і периферійні отвори на фланці маточини під заклепки;
- відсутність придатних деталей в ремонтному фонді маточин свідчить про доцільність їх відновлення;
- нерівномірний знос шліців по довжині призводить до перекосу маточини на валу і збільшення напруги на лінії контакту, тому при відновленні важливо усунути не тільки лінійний знос, а й виникла при експлуатації непаралельність граней шліців щодо осі обертання;
- жоден з відомих способів не забезпечує комплексного усунення всіх дефектів маточин зі збереженням первісної структури і фізико-механічних властивостей;
- наявність запасів металу у втулці маточини створює передумови для використання способу обробки тиском зношеної деталі в штампі до отримання поковки з рівномірними і достатніми припусками по всіх поверхнях.

У зв'язку з необхідністю створення нового прогресивного технологічного процесу відновлення маточин муфт зчеплення в роботі реалізуються такі завдання:

- теоретично обґрунтувати динаміку процесу формоутворення поковки зношеної маточини при відновленні тиском;
- експериментально-теоретично обґрунтувати оптимальні режими технологічного процесу відновлення;
- дослідити показники якості відновлених деталей;
- розробити конструкцію оснастки і технологію для відновлення маточин муфт зчеплення, провести виробничу перевірку, експлуатаційні випробування і дати економічну оцінку результатам досліджень.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1 Енергосиловий аналіз процесу остаточного формування поковки маточини

Розрахункова схема деформування втулки маточини центральним пуансоном в початковій стадії показана на рис 2.1. Загальне зусилля деформування на цій стадії розраховується за формулою:

$$P_{нач} = P_n \cdot \sin\alpha + P_{тр.бок} \cdot \cos\alpha, \quad (2.1)$$

де α - штампувальний нахил, град;

P_n - нормальне зусилля, кН.

Рисунок 2.1 - Схема деформування маточини центральним пуансоном в початковій стадії

Визначається по формулі:

$$P_n = \sigma_v \cdot F_{бок}, \quad (2.2)$$

де $F_{бок}$ - площа бокової поверхні втулки маточини, $\text{м} \cdot 10^{-3}$.

$$F_{бок} = \left(\frac{\alpha}{2}\right)(D_1 + D_2) \left(\frac{h}{\cos\alpha}\right), \quad (2.3)$$

де $P_{тр.бок}$ - сила тертя Пуансона об бокову поверхню, кН.

Визначається по формулі:

$$P_{тр.бок} = \mu_b \cdot P_n = \mu_b \cdot \sigma_s \cdot F_{бок}, \quad (2.4)$$

де $\mu_b = 0,5$ - коефіцієнт тертя на боковій поверхні.

Після відповідних підстановок і перетворень отримаємо:

$$P_{нач} = \sigma_v \left(\frac{\pi}{2}\right) (D_1 + D_2) h (tg\alpha + \mu) \quad (2.5)$$

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потрібно відмітити, що при цьому загальне технологічне зусилля буде дорівнювати:

$$P_{\text{обц}} = P_{\text{згбр}} + P_{\text{нач}}, \quad (2.6)$$

Схема деформування маточини на заключній стадії показана на рис. 2.2.

Рисунок 2.2 - Схема деформування маточини на заключній стадії

Згідно з прийнятою схемою зусилля на кінцевій стадії деформування складається з наступних складових:

$$P_{\text{кон}} = P_n \cdot \sin\alpha + P_{\text{тр.бок}} \cos\alpha + P_{\text{тор}} + P_{\text{тр.тор}} + P_{\text{тр.опр}}, \quad (2.7)$$

де P_n - нормальний опір зусиллю на бічній поверхні, кН;

$P_{\text{тр.бок}}$ - сила тертя на боковій похилій поверхні, кН;

$P_{\text{тор}}$ - осьове зусилля на торці, кН

$P_{\text{тр.тор}}$ - сила тертя на торці при переміщенні металу до шліцьового оправлення, кН;

$P_{\text{тр.опр}}$ - сила тертя на шліцьовому оправленні, кН.

Висловивши зусилля через границю текучості деформованого матеріалу і площі відповідних поверхонь, отримаємо проміжну формулу для розрахунку:

$$P_{\text{кон}} = \sigma_{\text{в,х}} F_{\text{бок}} \sin\alpha + \mu_{\text{б}} \sigma_{\text{в,х}} F_{\text{бок}} \cos\alpha + \sigma_{\text{в,к}} F_{\text{тор}} + \mu_{\text{т}} \sigma_{\text{в,х}} F_{\text{тор}} + \mu_{\text{о}} \sigma_{\text{в,х}} F_{\text{опр}} \quad (2.8)$$

Після подальших перетворень остаточно отримаємо:

$$P_{\text{кон}} = \sigma_{\text{в,х}} \left[\left(\frac{\pi}{2} \right) (D_1 + D_2) h (\mu_{\text{б}} + \text{tg}\alpha) + \left((\pi D_1^2 / 4) - F_{\text{шл}} \right) (1 + \mu_{\text{т}}) + \mu_{\text{о}} \cdot A \cdot l \right] \quad (2.9)$$

де D_1 - менший зовнішній діаметр відновленої ступиці, м·10⁻³;

D_2 - більший зовнішній діаметр відновленої ступиці, м·10⁻³;

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

h - висота втулки ступиці, $\text{м} \cdot 10^{-3}$;

α - штампувальний нахил маточини, град;

μ_b - коефіцієнт тертя на бічній поверхні маточини;

μ_m - коефіцієнт тертя на торці ступиці;

μ_o - коефіцієнт тертя на оправці;

$F_{шл}$ - площа шліцевого отвору ступиці, $\text{м}^2 \cdot 10^{-6}$;

A - периметр шліцевої поверхні оправки, $\text{м} \cdot 10^{-3}$;

L - довжина шліцевого отвору маточини, $\text{м} \cdot 10^{-3}$.

Припустимо, що на заключній стадії деформування заготовка маточини охолола до нижньої межі інтервалу кування ($T = 800 \dots 850^\circ$), згідно з яким $\sigma_B = 214$ МПа, коефіцієнти тертя приймаємо рівними: $\mu_b = 0,5$, $\mu_m = 0,5$, $\mu_o = 0,3$, конструкційні параметри для розрахунку наступні: $D_1 = 74$ мм, $D_2 = 77,68$ мм, $F_{шл} = 2463$ мм^2 , $A = 270$ мм, $l = 25$ мм.

Після підстановки числових даних отримаємо $P_{\text{кон}} = 1498$ кН. Загальне максимально можливе технологічне навантаження з урахуванням зусилля на подолання опору гідроресивера згідно з проведеними теоретичними розрахунками остаточно складе: $P_{\text{общ.кон}} = 1498 + 1090 = 2588$ кН. Оскільки відразу після змикання елементів штампа при температурі початку кристалізації [14] в нерозкритому штампі за допомогою гідроциліндра поршня здійснюється калібрування шліцевого отвору рухомою оправкою-прошивкою, важливо визначити зусилля калібрування прошивкою зі співвідношення:

$$P_{\text{пр}} = \mu_o \cdot \sigma_b \cdot A \cdot l, \quad (2.10)$$

Розрахункове зусилля прошивки складе 405 кН, що відповідає можливостям гідроциліндра поршня і в 6 разів менше розрахункового зусилля преса, тобто гарантується не розкриття штампа.

За результатами розрахунків побудовано теоретичну криву залежності зміни зусилля деформування маточини від величини ходу пуансона (рис. 2.3). Що має визначальне значення при призначенні силових параметрів пресового устаткування.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Рисунок 2.3 - Теоретична залежність зусилля деформування маточини від величини робочого ходу пуансона

2.2 Розрахунок відновлюваної маточини на статичну міцність

Оскільки технологічний процес відновлення маточини відомого диска муфти зчеплення двигуна КАМАЗ-740 не передбачає нанесення на неробочу поверхню в місці сполучення втулки і диска додаткового компенсуючого зносу металу, то відновлена маточина буде відрізнятися від нової зменшеною товщиною стінок і наявністю на них чотирьох симетрично розташованих центрувальних виступів. Перевірку статичної міцності проводять з метою попередження пластичних деформацій і руйнування в період дії короточасних перевантажень в ослабленому обробкою тиском штампи перетині.

В даному випадку прямокутні шліци маточини під впливом крутного моменту, що передається від двигуна до трансмісії, працюють на зріз. Для спрощення розрахунків досліджувану маточину подумки розсічемо в площині А-А (рис. 4.4) і розгорнемо. Конструкція перетину в цьому випадку показана у вигляді пов'язаних простих фігур-прямокутників.

Умова міцності на зріз має задовольняти нерівності [15]:

$$\tau_c = (P/F) \leq [\tau_c] \quad (2.11)$$

де $[\tau_c]$ - межа міцності на зріз, Н/мм²;

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

τ_c - розрахункова межа міцності на зріз, Н/мм²;

P - передане зусилля, Н.

Рисунок 2.4 - Схема розрахунку маточини на міцність

Визначається за формулою:

$$P = \frac{2M_{кр}}{D}, \quad (2.13)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент, Нм;

D - зовнішній діаметр шліцьової втулки, м·10⁻³;

F - площа зрізу, мм².

Із рис. 2.4 можна виразити:

$$F = \pi \cdot D \cdot H + 4 \cdot a \cdot b - 10c \cdot t \quad (2.14)$$

Остаточна розрахована формула набуває вигляду:

$$\tau_c = 2M_{кр} / D(\pi \cdot D \cdot H + 4 \cdot a \cdot b - 10c \cdot t) \quad (2.15)$$

Після підстановки чисельних даних: $M_{кр} = 316$ Нм, $D = 50$ мм, $H = 8$ мм, $a = 8$ мм, $b = 4$ мм, $c = 6$ мм, $t = 4$ мм, отримуємо $\tau_c = 11$ Н/мм², що значно менше за допустиму межу міцності на зріз, що становить для сталі 40ХГТР 250 Н/мм². Таким чином, відновлення розмірів шліцьового отвору маточини за рахунок наявного в тілі деталі запасу металу шляхом обтиску в гарячому стані по зовнішній поверхні відбувається без шкоди її міцності.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Розрахунок геометричних параметрів робочих елементів штампа

Необхідність такого розрахунку продиктована перш за все змінами розмірів деформуючих елементів штампа, які безпосередньо стикаються з нагрітою до температури пластичної деформації маточиною. Нагрівання робочих поверхонь пуансона і матриці відбувається за рахунок тепловіддачі, тому лінійні розміри поковки можуть не відповідати первісних розмірів заготовки маточини.

Величина теплового розширення може бути отримана за методикою, розробленою для певних пружних температурних деформацій [16]. Якщо допустити, що маточина являє собою порожнистий диск з радіусами R , схильний до впливу температурного поля $T(R)$, то зміна координати точки, що лежить на диску, описується рівнянням:

$$L = \left(\frac{2\mu R}{R^2 - R_1^2} \right) \int T(R) dR, \quad (2.16)$$

де μ - коефіцієнт Пуассона, для сталі $\mu = 0,24 \dots 0,33$.

Розміри маточини в гарячому стані L_t пов'язані з розмірами в холодному стані L_x наступною рівністю:

$$L_t = L_x(1 + \alpha \cdot T), \quad (2.17)$$

де α - коефіцієнт лінійного розширення, для сталі знаходиться в межах $(13,6 \dots 14,6) \cdot 10^{-10}$;

T - температура нагрівання, °C.

За цією формулою визначався діаметр установки центрувальних штифтів, навколо яких формуються отвори під заклепки. Для маточини СМД14-2112 він склав $\varnothing 111,5$ мм, для 6Т2-2107 - $\varnothing 123,7$ мм, для 64-21101 - $\varnothing 121,6$ мм і для 14.160.1142 - $\varnothing 79$ мм.

Аналогічно розрахований внутрішній центрувальний діаметр нижніх напівматриць відповідно склав: для СМД-14-2112 $D_{\text{вн}} = 137,9$ мм, для 6Т2-2107 $D_{\text{вн}} = 146$ мм, для 64-21101 $D_{\text{вн}} = 147$ мм і для 14.160.1142 $D_{\text{вн}} = 97,3$ мм.

Наступною ланкою, що вимагає перевірного точного розрахунку, є опорне

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

різьбове кільце, що обмежує хід кільцевого пуансона. При осьовому навантаженні кільце має дотримуватися умови міцності різьби на розтяг:

$$\sigma_p = \left[\frac{4(1,3 \cdot k \cdot Q + \beta \cdot Q)}{\pi \cdot d^2} \right] \leq [\sigma_p], \quad (2.18)$$

де Q - зовнішнє осьове навантаження, кН;

1,3 - коефіцієнт, який враховує підвищення напружень в різьбі при зтяжці;

k - коефіцієнт запасу початкової зтяжки, для забезпечення герметичності гідроприставки $k=2-4$;

β - коефіцієнт податливості різьби, $\beta = 0,4 \dots 0,5$;

$[\sigma_p]$ - межа міцності на розтяг, для сталі 20 $[\sigma_p] = 0,5\sigma_m = 200$ МПа.

З урахуванням питомого тиску масла в гідроресивері рівного 15 МПа, зовнішнє осьове навантаження складе 1090 кН. Виходячи з цього, розрахункове напруження на розтяг, що діє на кільце із зовнішньою різьбою М320 мм, складе 77 МПа, що значно нижче допустимого.

Серед змінних центральних пуансонів найменшу товщину стінки має пуансон для деформування маточини СМД14-2112, тому для нього необхідно провести перевірку на міцність, розрахунок на розтяг використовуючи умову:

$$\sigma_b = \frac{Q_n}{F_{бок}} = \frac{2Q_n \cos \alpha}{\pi(D_1 + D_2)h} \leq [\sigma_b], \quad (2.19)$$

де $[\sigma_b]$ - межа міцності на розтяг, МПа. Для жароміцної сталі, із якої виготовлений пуансон, $[\sigma_b] = 920$ МПа;

σ_b - розрахункова межа міцності на розтяг, МПа;

Q_n - нормальний опір деформуванню нагрітого металу маточини на боковій поверхні, кН;

$F_{бок}$ - площа робочої бокової поверхні пуансона, мм²;

α - штампувальний кут, град.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика визначення оптимальних значень параметрів процесу деформування

Для відновлення маточин ведених дисків муфт зчеплення двигунів А-41, СМД-14, СМД-64, КамАЗ-740, що мають знос шліцьового отвору і отворів під заклепки, застосовувався спосіб двоступеневого деформування нагрітої зношеної маточини в закритому штампі за схемою, наведеною на рис. 3.1.

Рисунок 3.1 - Схема деформування маточини

Переддеформаційне нагрівання деталі до температури T здійснювалося в соляній печі, температура розтавання солі контролювалася пірометром «Рапір» з телескопом ТЕРА-50. Потім заготовку деформували спочатку зусиллям P_1 , змушуючи метал переміщатися з диска на зношені отвори під заклепки, утворюючи навколо них канавки, після чого зусиллям P_2 обжимали шліцьовий отвір навколо оправки.

Загальний робочий хід h ступеневого пуансона складається з 3-х складових: h_1 , h_2 та h_3 .

В якості основних факторів експерименту, які безпосередньо впливають на якість штампування, були прийняті: величина робочого ходу пуансона $X_1(h)$ і температура деформованої деталі $X_2(T)$. Параметром оптимізації є зусилля деформування P .

За математичну модель був прийнятий поліном першого ступеня [17]. Факторний експеримент типу 2^3 проводився в дворазовій повторності. Вибірка становила 30 експериментів.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як для фактора X_1 верхній рівень залежить від типорозмірів відновлюваних маточин, при розрахунках за основу були прийняті розміри маточини муфти зчеплення двигуна СМД-14, що має найбільші габарити.

Для X_2 нижній рівень визначався температурою початку кристалізаційних перетворень для сталі 40Х, верхній рівень був обраний, виходячи з можливих незворотних змін в структурі металу і вигоряння легуючих елементів при перевищенні цієї межі.

Масив експериментальних даних був оброблений в пакеті прикладних програм «Math Cad PLUS 6.0» [22], що дозволяють обчислити оцінки коефіцієнтів, b_1, b_2, c_1, c_2 , рівняння:

$$P = h_{1-2}^a \cdot e^{(-b_1 T + c_1)} + h_3^a \cdot e^{(-b_2 T + c_2)}, \quad (3.1)$$

Значений програмний пакет зводить до мінімуму кількість перерахунків коефіцієнтів рівняння регресії. Перевірка збіжності і уточнення коефіцієнтів проводилася тим же пакетом прикладних програм. Особливість даного методу полягає в тому, що пакет «Math Cad PLUS 6.0» дозволяє досить швидко і точно прорахувати коефіцієнти рівняння, уникнувши багаторазового уточнення і перерахунку коефіцієнтів регресії, а особливості інтерактивного середовища, що працює в системі WINDOWS, дають можливість скомпонувати необхідні текстові та графічні додатки в один документ, що дозволяє відносно швидко і досить точно провести складні математичні розрахунки і також оперативно їх оформити в єдине ціле.

Однорідність дисперсій і гіпотеза адекватності перевірялася критерієм Фішера при 5% рівні значимості.

Новизною пропонованої методики є багатоетапний підхід до планування експерименту, що включає вибір відповідної функції розподілу, складання матриці планування, визначення меж рівнів факторів, попередній, уточнюючий і остаточний розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії, перевірка збіжності і побудова графічної інтерпретації моделі, на поверхні якої знаходяться точки оптимуму, вказують найбільш сприятливе поєднання режимів деформування, що гарантують отримання якісної поковки маточин з достатніми і рівномірними припусками по всіх поверхнях.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Методика досліджень макро-, мікроструктури і твердості

Для дослідження впливу вторинної обробки тиском і наступних видів термічної обробки на зміну фізико-механічних властивостей відновлюваних маточин застосовується макро- і мікроструктурний аналіз. Даний аналіз дозволяє виявити зміни в розташуванні волокон, мікропорок, визначити структурні складові сталей 40Х, 40ХГТР, 25ХГТ, а також обґрунтувати оптимальні параметри технологічного процесу відновлення. Для цього з зношених, відштампованих і остаточно оброблених маточин вирізають темплети з зон, що піддаються структурним дослідженням. Шліфи отримуються наступною обробкою темплетів на шліфувально-полірувальному верстаті 3Е881 «Неріс». Для дослідження макроструктури використовувався метод глибокого травлення, що дозволяє неозброєним оком виявити розташування волокон в маточинах, підданих гарячій обробці тиском. При цьому досліджувана маточина розрізається вздовж напрямку волокон.

Фотографування мікрошліфів здійснювалося на мікроскопі МІМ-7. Методи випробувань і оцінка макроструктури здійснювалися по ГОСТ 10243-75. Оцінка величини зерна і знеуглецювання проводилося при 100- кратному збільшенні по ГОСТ 5639-68 і ГОСТ 1763-68.

Поверхнева твердість перевірялася по ГОСТ 9013-80 методом Роквелла з використанням приладу ТК-2М на всіх основних стадіях хіміко-термічної і механічної обробки. У виробничих умовах використовувався тарований напиліок.

Глибина нітроцементзації визначалася виміром відстані на поверхні шліца в випаленому шліфі до середини перехідної зони, що складається з 50% перліту і 50% фериту, або від поверхні шліца в загартованому шліфі до кордону зони, що містять включення фериту або троститу.

Зміна показників мікротвердості по глибині поверхневого шару контролювалася приладом ПМТ-3 через кожні 0,1 мм.

3.3 Експериментальне штампове і допоміжне оснащення для відновлення маточин

Для дослідження процесу формоутворення маточини при відновленні тиском був спроектований, виготовлений і випробуваний універсальний штамп зі

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змінними пуансонами і матрицями (рис. А.1 додаток А). Схематично в зібраному стані і в розрізі пристрій штампа представлено на рис. А.2 додаток А. Штмп для відновлення маточин складається з гідроресивера 1, в який під тиском 10 МПа закачано азот, плити 2, за допомогою якої верхня половина штампа кріпиться до траверси гідропреса, центрального пуансона 3, поршня 4 із закріпленим на ньому кільцевим пуансоном 6, корпусу 5, нижньої напівматриці 7, матриці 8, шліцьова оправка 9, штовхачів 10, прикріплених до втулки 13, перехідних плит 11 і 12, поршня 14. Штмп працює наступним чином. Нагріту до температури пластичної деформації маточину встановлюють на оправку 9. Під час робочого ходу траверса преса рухається вниз, кільцевий пуансон 6 діє на диск маточини, поршень 4 витісняє робочу рідину в гідроресивер 1 до упору поршня 4 в торець корпусу 5, при цьому відбувається опресовування втулки маточини центральним пуансоном 3 навколо оправки 9. Відразу після змикання рухомих елементів штампа в нерозкритому стані за допомогою поршня 14 здійснюється прошивка шліцьового отвору маточини рухомою шліцьовою оправкою 9 при температурі початку кристалізації. При холостому ході траверса рухається вгору, робоча рідина з гідроресивера 1 витісняється стисненим азотом в порожнину над поршнем 4 і повертає у вихідне положення робочих елементів штампа. Виштовхувач 14, впливаючи торцем на втулку 13 штовхачами 10, видаляє поковки маточини з матриці 8 і повертається потім у вихідне нижнє положення.

Така конструкція штампа дозволяє зменшити необхідне зусилля деформації, завдяки поділу загальної площі деформованої поверхні на ділянки деформації.

Для свердління і зенкерування отворів під заклепки використовувався спеціально сконструйований кондуктор (рис. А.3 додаток А), що забезпечує задану робочим кресленням точність взаємного позиціонування осей отворів.

При випробуванні дослідного зразка штампа були отримані якісні поковки маточин з припусками по внутрішньому шліцьовому профілю і у периферійно розташованих отворах, з яких потім обробкою різанням виготовлені маточини (рис. А.4 додаток А), які повністю відповідають технічним вимогам ремонтного креслення.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1 Планування багатофакторного експерименту при відновленні маточин тиском

При проведенні експериментальних досліджень процесу об'ємного деформування маточини ступінчастим пуансоном було отримано 30 вихідних поєднань між величиною робочого ходу пуансона, температурою нагріву і зусиллям деформації.

За результатами дослідів складена коваріаційна матриця планування з кодованими значеннями факторів, позначені граничні значення і інтервал варіювання рівнів факторів, наведені, відповідно, в таблицях 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Матриця планування за результатами дослідження

Дослід	Кодовані значення факторів		Параметр оптимізації, P(кН)
	X ₁ (мм)	X ₂ (°C)	
1	-1	-1	200
2	-1	1	300
3	1	-1	2450
4	1	1	3700

Таблиця 4.2 – Межі рівнів факторів

Рівні факторів	X ₁ (мм)	X ₂ (°C)
Верхній	20	1100
Нижній	0	850
Інтервал варіювання	5	50
Основний	20	1100

Обробкою даних за програмою отримано чисельні значення важливих коефіцієнтів рівняння, яке можна представити у вигляді:

$$P = P = h_{1-2}^{0,20579} \cdot e^{(-0,0055987 \cdot T + 8,4862)} + h_3^{0,20579} \cdot e^{(-0,008576T + 18,4621)} \quad (4.1)$$

На підставі аналізу коефіцієнтів регресії отриманого рівняння можна зробити наступні висновки:

- деформування відбувається в дві стадії: спочатку при впровадженні робочих елементів кільцевого пуансона в диск маточини відбувається незначне збільшення зусилля деформування до моменту закінчення процесу формоутворення отворів під заклепки, технічно забезпечують тиском в ресивері додатково введеного в конструкцію преса гідропідсилювача, після чого відбувається затиск по площині диска маточини без переміщень металу, що супроводжується нагнітанням тиску в робочу порожнину силового гідроциліндра преса і стрибкоподібним образним збільшенням зусилля, і після торкання деформуючим елементом центрального пуансона поверхні втулки маточини починається другий робочий хід пуансона, при якому відбувається опресовування втулки маточини навколо шліцьового оправлення, при цьому зусилля деформації збільшується по експоненційній залежності;

- одночасно відбувається збільшення зусилля деформування, викликане охолодженням заготовки в штампі.

Графічна інтерпретація отриманої в результаті регресійного аналізу моделі для процесу деформування маточини муфти зчеплення при її відновленні представлена у вигляді поверхні рівного відгуку на рис. 4.1.

Рисунок 4.1 - Залежність зусилля ступеневого деформування маточини від величини робочого ходу пуансона і температури деталі

Отримані при плануванні експерименту оптимальні робочі режими відновлення

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

маточин СМД14-2112, 6Т2-2107, 64-21101, 14.160.1142 мають таке значення: температура преддеформаційного нагріву деталей $T=1100\pm 50^{\circ}\text{C}$, максимально можливе для повного обтиску зусилля преса $P = 3700 \text{ кН}$; сумарна величина робочого ходу пуансонів $h = 20 \text{ мм}$ при швидкості деформування $V = 0,05 \text{ м/с}$.

Завдяки отриманим режимам штамповане оснащення встановлене на модернізованому гідропресі ДБ 2436 з максимальним зусиллям 4000 кН, додатково розроблений гідропідсилювач об'ємом 10 літрів і тиском в системі 10 МПа.

В кінцевому підсумку вдалося домогтися отримання якісних поковок маточин з достатніми і рівномірними припусками по всіх поверхнях.

4.2 Результати дослідження напруженого стану

Рентгенологічне дослідження деформованих маточин виявило залишкові напруження 2-го роду, що мають розтягуючий характер на робочій поверхні деталі і шліца все менше в міру просування вглиб осердя. Вони пов'язані з природними неоднорідними змінами міжплощинної відстані.

Розрахунки даних представлені в таблиці Б.1 додатку Б, а залежності поділу мікронапружень по глибині шліца представлені на рис. 4.2.

Рисунок 4.2 - Розподіл мікронапружень по глибині шліца маточини

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Внаслідок обробки під тиском напруження мають невагомі відхилення від початкового стану на 2,8...6 МПа. Знявши дефектний шару та після хіміко-термічної обробки маточини, напруження знижуються до рівня напружень у серійно виконаній деталі від 46,6 до 56,8 МПа.

Отримані результати вказують на те, що шліци не є концентраторами напружень. Значення межі текучості для сталей марок 40ГТР, 40Х, 25ХГТ ГОСТ 4543-71 в холодному стані в багато разів перевищує значення розтягуючих напружень, тому в процесі експлуатації надрізи поверхневого шару відновлених шліців малоімовірні, властивості міцності зберігаються на рівні нової деталі.

4.3 Результати досліджень структурного стану

При виготовленні серійних маточин з сталей 25ХГТ і 40Х застосовуються заготовки, отримані з гарячекатаного прокату по ГОСТ 4543-74 з вихідної твердістю НВ 217. Зношені маточини, мають нерівномірний знос, надходять на відновлення з твердістю НЯС 26...63. Маточини, виготовлені зі сталі 25ХГТ, мають суттєві відхилення по мікроструктурі цементованого шару (рис. 4.3), що представляє собою велико-голчатий мартенсит, надлишкові карбіди у вигляді скупчень, залишковий аустеніт в великій кількості. Дана структура є дефектною. Мікроструктура серцевини (рис. 4.4) являє собою маловуглецевий голчатий мартенсит, тростит і незначні включення фериту. На зношених шліцьових поверхнях виявлено мікротріщини (рис. 4.5), що проходять переважно в перпендикулярному до шліців напрямку з глибиною залягання до 0,1 мм. Причиною виникнення цього дефекту є втомні напруження, викликані підвищеним вмістом залишкового аустеніту. Тому для забезпечення працездатності відновлених маточин необхідно знімати поверхневий шар металу, що був у експлуатації, на глибину залягання дефектів.

Зношені маточини перед вторинною обробкою тиском рекомендується піддавати відпалюванню з метою отримання рівномірної дрібнозернистої структури, запобігання зростанню тріщин, зниження внутрішніх напружень, підготовки структури до подальшого високочастотного гартування [19]. Відпалювання дозволить застосувати швидкісний

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нагрів деталей перед деформацією в штампі. Мікроструктура відпалених в електропечі Ц-105 при температурі 870...890°C.

Рисунок 4.3 - Структура цементованого шару зношених маточин (x500)

Рисунок 4.4 - Структура серцевини зношених маточин (x500)

Рисунок 4.5 - Мікротріщина в цементованому шарі шліців зношених маточин (x100)

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

В маточині є рівноосні зерна перліту і фериту (рис. 4.6) величиною 8 балів за ГОСТ 5639-71.

Рисунок 4.6 - Мікроструктура заготовок маточин після відпалу

Преддеформаційний нагрів заготовок проводився в електродній соляній ванні до температури 1100°C в розплаві хлористого барію ($BaCl_2$). При такому способі нагріву знижуються втрати металу в окалину, зменшується вигоряння вуглецю на поверхні і по глибині [20]. Обробка тиском розбиває скупчення карбонитридів в карбідну сітку, що сприятливо впливає на ріжучі властивості інструменту при подальшій обробці різанням. Мікроструктура цементованого шару являє собою тонко-пластинчатий перліт і цементит у вигляді рівномірно розподілених карбідів (рис. 4.7).

Дослідженням радіальних макрошліфів зношених і відновлених маточин (рис. 4.8, 4.9) встановлено, що волокна не перериваючись переходять з диска в зону шліцьового отвору. Макроструктура відновлених маточин характеризується суцільністю, відсутністю тріщин і складок.

Мікроструктура поковок складається з неоднорідних зерен перліту і фериту (рис. 4.10) величиною 4 бали, кристали фериту утворюють суцільні і розірвані оболонки навколо зерен аустеніту - феритної сітку.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 4.7 - Мікроструктура цементованого шару зношених шліців після штампування (x500)

Рисунок 4.8 - Макроструктура зношеної маточини

Рисунок 4.9 - Макроструктура відновленої маточини

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 4.10 - Мікроструктура маточин після штампування (x100)

Поковки маточин після обробки тиском піддаються ізотермічному відпалу, що дозволяє усунути неоднорідність зерна в результаті гарячого штампування, прискорити процес дифузії при подальшій цементації.

Ізотермічний відпал проводився в електropечі типу Ц-105 при температурі 890...910 °С з витримкою і подальшим перекиданням деталей в піч, нагріту до температури 600-680°С, та витримкою при цій температурі і охолодженням на спокійному повітрі. Мікроструктура цементованого шару після ізотермічного відпалу являє собою сфероїдний і пластинчастий перліт з рівномірно розподіленими ділянками карбідів (рис. 4.11).

Рисунок 4.11 - Мікроструктура матеріалу маточин після ізотермічного відпалу (x100)

Мікроструктура основного матеріалу представляє собою добре оброблювану

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перлитно-феритову структуру з величиною зерна 7-8 балів.

Для підвищення контактної міцності шліців маточини зі сталі 25ХГТ піддаються цементації. Як карбюризатор використовувався активний синтин [20]. Після закінчення процесу насичення деталі охолоджуються до 850°C, витримують протягом години і охолоджують в маслі П2А ГОСТ 2079975. Для зняття внутрішніх напружень деталі піддаються відпуску при температурі 160..180 ° С.

Мікроструктура цементованого шліца (рис. 4.12) являє собою дрібнокристалічний мартенсит з рівномірно розподіленими карбідами і незначною кількістю остаточного аустеніту. Структура серцевини (рис. 4.13) - маловуглецевого легованого мартенситу з невеликими ділянками троститу і фериту.

Рисунок 4.12 - Мікроструктура цементованого шару відновлених маточин
(x500)

Рисунок 4.13 - Мікроструктура серцевини шліців відновлених маточин

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Порівняльні дослідження мікроструктури цементованого шару і серцевини серійного і відновленого шліца показали на істотну відмінність мартенситу за формою. Якщо для відновленої маточини зі сталі 25ХГТ має характерну дрібнокристалічну будову мартенситу, то серійна – голчасту і крупноголчата, менш зносостійка.

Мікроструктура маточин зі сталі 40Х після гарту і відпуску представляє собою перліт з невеликими ділянками троститу.

В цілому у відновлених пропонованим способом маточин мікроструктура робочих зон більш дрібнозерниста при тих же складових структури, що і у серійних, відмінності, які проявляються лише за формою цих складових, вказують на кращі показники зносостійкості і міцності властивості шліців.

4.4 Результати досліджень твердості і мікротвердості

Твердість і мікротвердість є основними характеристиками фізико-механічних властивостей матеріалу, які залежать від його вихідного стану і ряду інших чинників. Ці показники визначають опірність шліцьового отвору до стирання, здатність витримувати динамічні навантаження, побічно характеризують межі міцності шліца при крученні і вигині. Для шліцьових деталей найповнішу картину зміни мікротвердості по глибині зміцненого шару дає метод Віккерса.

Вивчення розподілу твердості в радіальному перетині заготовок маточин, підданих вторинної обробки тиском (рис. 4.14), показує, що твердість розподілена більш стабільно і значення її на 10...20 МПа вище в порівнянні з серійною заготівлею.

Величини твердості вершин і серцевини шліців відновлених маточин зі сталі 25ХГТ знаходяться в межах 56...63 і 36...44 HRC. Твердість серцевини маточин зі сталі 40Х і 40ХГТР після гарту і відпуски відповідає 30...36 HRC.

З аналізу розподілу мікротвердості по глибині цементованого шару шліців відновлених маточин (рис. 4.15) в порівнянні з серійними видно, що вона має менший розкид і вище в середньому на величину HV 50. Це пояснюється наявністю дрібнодисперсної однорідної структури мартенситу з рівномірно розподіленими карбідами. У серійних маточин в цементованому шарі утворюється груба карбонітридна

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фаза.

Проведені дослідження свідчать про деяке підвищення фізико-механічних властивостей матеріалу відновлених маточин в порівнянні з новими за рахунок багаторазової періодичної термічної обробки в поєднанні з гарячим штампуванням.

Рисунок 4.14 - Розподіл мікротвердості по глибині шліца поковки маточини

Рисунок 4.15 - Розподіл мікротвердості по глибині цементованого шару шліца

4.5 Результати експлуатаційних випробувань відновлених маточин

Середні арифметичні спостереження і отримані в результаті математичної обробки даних вимірів ширини шліцьового паза і діаметра отвору під заклепку маточин муфт зчеплення двигунів А-41, СМД-14, СМД-64, КАМАЗ-740 до і після порівняльних ресурсних випробувань наведені в таблицях 4.3...4.6.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Дані мікрометражу маточини 6Т2-2107

Ширина шліцьового паза				Діаметр отвору під заклепку			
До досліджу		Після досліджу		До досліджу		Після досліджу	
Нова	Відновлена	Нова	Відновлена	Нова	Відновлена	Нова	Відновлена
7,1	7,12	7,2	7,22	8,4	8,4	8,45	8,45

Таблиця 4.4 – Дані мікрометражу маточини СМД14-2112

Ширина шліцьового паза				Діаметр отвору під заклепку			
До досліджу		Після досліджу		До досліджу		Після досліджу	
Нова	Відновлена	Нова	Відновлена	Нова	Відновлена	Нова	Відновлена
9,05	9,06	9,22	9,24	8,5	8,5	8,56	8,57

Таблиця 4.5 – Дані мікрометражу маточини 64-21101

Ширина шліцьового паза				Діаметр отвору під заклепку			
До досліджу		Після досліджу		До досліджу		Після досліджу	
Нова	Відновлена	Нова	Відновлена	Нова	Відновлена	Нова	Відновлена
5,5	5,5	5,64	5,65	8,4	8,4	8,42	8,43

Таблиця 4.6 – Дані мікрометражу маточини 14.160.1142

Ширина шліцьового паза				Діаметр отвору під заклепку			
До досліджу		Після досліджу		До досліджу		Після досліджу	
Нова	Відновлена	Нова	Відновлена	Нова	Відновлена	Нова	Відновлена
6	6	6,05	6,05	8,5	8,5	8,51	8,52

Чисельні значення зносів, середніх швидкостей зношування і прогнозованих ресурсів випробовуваних маточин, наведені в таблиці Б.2. додатку Б

На підставі отриманих чисельних значень прогнозованих ресурсів досліджуваних маточин і порівняння результатів випробувань з міжремонтними ресурсами нових і капітально відремонтованих двигунів, можна зробити висновок про відповідність ресурсів нових і відновлених маточин, а по процентному відношенню отриманих ресурсів до значень ресурсів нових і відремонтованих двигунів можна судити навіть про деякому підвищенні відносного показника для тракторів в середньому на 11%, а двигуна КАМАЗ-740 - на 10%.

Висновки за результатами експериментальних досліджень

1. Маточини двигунів А-41, СМД-14, КАМАЗ-740 мають необхідний запас металу, який без шкоди для їх міцності можна перемістити на зношені шліцьові поверхні. У маточині двигуна СМД-64 запасу металу недостатньо, тому додатковий метал наноситься

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

наплавленням на бічну неробочу поверхню втулки і потім запресовується всередину.

2. За результатами енергосилових розрахунків побудована теоретична крива залежності зміни зусилля деформування маточини від величини ходу пуансона, що має вирішальне значення при виборі пресового устаткування.

3. Відновлення маточини з деяким зменшенням діаметра зовнішньої поверхні втулки в місці сполучення з фланцем відбувається без шкоди її статичної міцності.

4. Перевірочний міцнісний розрахунок найбільш навантажених деталей штампа показав наявність у них достатнього запасу міцності.

5. На підставі отриманої в результаті багатофакторного експерименту математичної моделі були визначені оптимальні поєднання режимів процесу поетапного деформування маточини: зусилля, температури деталі і робочого ходу пуансона.

6. Найкращим місцем нанесення компенсуючого зносу металу з точки зору забезпечення заданих показників якості є радіус сполучення шліцьовій втулки маточини і диска фланця.

7. Розподіл величини залишкових мікронапружень по глибині шліца у відновлених маточин відповідає рівню напружень у аналогічних серійно виготовлених деталей.

8. Дослідження структурного стану показали, що в результаті гарячого штампування і подальшої хіміко-термічної обробки відбувається значне подрібнення структури мартенситу, що сприяє підвищенню зносостійкості.

9. Показники макроструктури, твердості і мікротвердості відновлених маточин відповідають технічним вимогам на їх виготовлення.

10. Результати експлуатаційних випробувань свідчать про високий рівень довговічності відновлених тиском маточин.

11. На підставі комплексних експериментально-теоретичних досліджень розроблено новий прогресивний технологічний процес і оригінальна оснащення для відновлення маточин в умовах реального ремонтного виробництва.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБОК

5.1 Екологічна експертиза

Екологічна експертиза являє собою врегульовану нормами діяльність експертів по аналізу, перевірці і оцінці документації об'єктів і рішень, на їх відповідність правилам і вимогам охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування в цілях попередження можливих негативних наслідків для навколишнього середовища.

Цілі екологічної експертизи [21]:

- забезпечення наукового визначення відповідності проектних рішень сучасним екологічним вимогам перед їх затвердженням в компетентних державних органах;
- попередження можливого негативного втручання на екосистему функціонуючих і проектних об'єктів в процесі її реалізації.

Екологічна експертиза буває державною, громадською, а також інших видів. Вона є обов'язковою умовою законодавчої роботи господарства і іншої діяльності, яка впливає на стан навколишнього середовища.

Еколого-експертний процес складається з трьох основних етапів [21]:

- підготовчого, або перевірки необхідних даних, представлених проектних матеріалів і їх відповідності до законодавства;
- основного, або аналітичної обробки даних по об'єктах експертизи;
- заключного, або підведення результату і оцінці даних і складання акта експертизи.

Екологія в сільськогосподарському виробництві займає чинне місце, оскільки здійснюється суттєвий вплив на оточуюче середовище, особливо в наш час і з розвитком нових технологічних процесів, що впроваджуються у виробництво, застосуванням модернізованої техніки в Україні.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спрямована екологічна експертиза на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам та вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Завдання екологічної експертизи полягають у регулюванні суспільних відносин в галузі екологічної експертизи для забезпечення екологічної безпеки, охорони навколишнього середовища, раціонального використання та відтворення природних ресурсів, захисту екологічних прав та інтересів громадян держави.

Мета екологічної експертизи – запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на природне середовище та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях та об'єктах.

Технологія сільськогосподарського виробництва має базуватися на екологічно-обґрунтованих раціональних нормах [21].

Відповідно до теми роботи об'єктом забруднення навколишнього середовища є ремонтна майстерня господарства.

Діяльність ремонтної майстерні в тому числі і території де знаходиться вона, а особливо складу для зберігання нафтопродуктів, впливає на стан оточуючого середовища, тому ми пропонуємо деякі заходи по попередженню забруднення навколишнього середовища.

В ремонтній майстерні джерелом виходу забруднюючих речовин в атмосферу є обладнання, яке встановлене на її території.

Загальні санітарно-гігієнічні вимоги», в якому регламентується допустимий вміст шкідливих речовин в майстерні: сірчаний ангідрид – 10мг/м, оксид вуглецю – 20 мг/м, двооксид азоту – 5 мг/м, тверді речовини – 1 мг/м.

В зв'язку з цим для забезпечення чистоти повітря, крім діючої вентиляції у приміщеннях, пропонуємо встановити пристрій для очищення повітря від забруднюючих речовин. Для видалення пилу з приміщення пропонуємо до загальної системи вентиляції додати циліндричний циклон ЦН-15, який очищує

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітря від пилу.

Пропонуємо застосовувати місцеву вентиляцію з очищенням повітря у сопловому вихровому пиловловлювачі. Він добре очищає повітря від дрібнодисперсних частинок, розміром менше 3 мкм. Джерелом забруднення ґрунту і ґрунтових вод є паливно-мастильні матеріали, санвузол, так на них проводяться викиди забруднюючих рідин у каналізацію.

Стічні води підлягають взаємній нейтралізації шляхом змішування їх у фільтрі відстійнику, а потім пропусканню їх крізь розчин вапна, де вони повністю нейтралізуються і направляються в живильний басейн для можливого повторного їх використання в майстерні. Стічні води майстерні містять консистентні мастила, дизпаливо, етиленгліколь, луѓи та інші речовини. Вони мають РН = 9-10,5, хімічний кисень в межах 9-5 г/л і 10-16г/л емульсійних мастил. Ці стічні води направляються в загальний колектор, а потім очищаються на двох установках. Стічні води з санвузлів направляються у спеціальні фільтри – відстійники, де вони підлягають хлоруванню. Відпрацьовані технічні рідини та мастила, відстої дизельного пального зливають окремо в спеціальні герметичні ємності, в яких вони відстоюються на протязі двох місяців. Потім зливають в автоцистерну і транспортують на пункт збирання відпрацьованих мастил і технічних рідин нафтобази. Так як зараз відбуваються збої з вивозом цих рідин, то пропонуємо слідкувати за регулярністю вивозу, не допускати розливання їх на ґрунт.

Отже, дані заходи забезпечать мінімальний вплив на екологічну систему при технічному обслуговуванні і ремонті техніки в майстерні.

5.2 Охорона праці

5.2.1 Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому покращенню умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів,

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва [22].

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

5.2.2 Технічний регламент та вимоги безпеки під час роботи з пристроями у майстернях

Аспекти безпеки під час роботи з пристроями у майстернях [23]:

1 До роботи на верстатах допускаються особи віком не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання та інструктаж на робочому місці. Працівник повинен користуватися спецодягом і засобами індивідуального захисту, виконувати тільки ту роботу, за якою він проінструктований і яка доручена керівником робіт. На робочих місцях повинні бути відповідні інструкції з охорони праці під час роботи з інструментом, обладнанням і пристроями. Не дозволяється виконувати роботи на несправному обладнанні та використовувати обладнання та інструмент не за призначенням.

2. Ремонтно-технологічне обладнання повинно бути забезпечено зручними в експлуатації запобіжними пристроями, що забезпечують добрий огляд і видимість

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

виробу, що ремонтується (оброблюється) та захист очей. У випадку неможливості за технічними причинами використання запобіжного щитка власник повинен видати працівникам захисні окуляри.

3. Для виконання постійних робіт пневматичним ударним інструментом повинно бути виділено спеціальне приміщення або окреме робоче місце, яке необхідно огородити переносними або стаціонарними звукопоглинаючими екранами. З метою запобігання вібраційній хворобі у працівників із механізованим (пневматичним) ручним інструментом необхідно застосовувати пневматичні молотки з пристроями для гасіння вібрації та видавати працівникам засоби індивідуального захисту рук від вібрації. Ручний пневматичний інструмент (молотки для kleпання та рубання, свердлувальні та шліфувальні машинки тощо) повинен бути обладнаний ефективними глушителями шуму й викиду стисненого повітря.

4. Пристрої, призначені для роботи під навантаженням (металеві підставки, домкрати тощо), слід щоденно оглядати перед початком роботи. Ручні важільно-рейкові домкрати повинні виключати самовільне опускання вантажу при знятті зусилля з важеля або рукоятки, забезпечуватися стопорами, що виключають вихід гвинта або рейки при знаходженні штоку у верхньому крайньому положенні. Витікання рідини або повітря з робочих циліндрів домкратів або підйомників під час переміщення вантажів не допускається.

5. Виготовлення, ремонт та заточування інструменту повинні проводитися централізовано спеціально навченим працівником. Використання нового або відремонтованого інструменту та пристроїв допускається тільки після випробування та приймання в експлуатацію.

6. Для перенесення інструменту, якщо це потрібно за умовами роботи, кожному працівникові видається сумка або легкий переносний ящик. Для складання дрібних нарізаних заготовок повинна бути передбачена спеціальна тара, що забезпечує зручне транспортування і безпечне зчлювання при транспортуванні краном. Тара повинна бути міцною, розрахованою на необхідну

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вантажопідйомність, мати напис про максимально допустиме навантаження і періодично перевірятись та випробовуватися.

5.2.3 Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які [22]:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону внаслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як травма.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ [22].

Висновки та пропозиції.

Для того щоб на підприємстві трапилося менше випадків які закінчуються

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

травмами необхідно дотримуватись наступних заходів:

1. Забезпечити видання стандартних розмірів спецодягу та головних уборів.
 2. Забезпечити біля кожного робочого місця наявність інструкції по вимогам безпеки та знаки з попереджувальними написами.
 3. Забезпечити зменшення загазованості повітря на базі.
 4. Обладнати приміщення для проведення інструктажів та навчання працівників з питань охорони праці.
 5. Організувати постійний контроль за станом охорони праці.
 6. Поновити електроізоляцію.
- Виконання запропонованих заходів сприятиме зниженню ризику небезпек, що призведе до зниження рівня виробничого травматизму.

5.3 Розрахунок техніко-економічної ефективності впровадження результатів дослідження

Економічний ефект від відновлення маточин муфт зчеплення досягається за рахунок повторного використання матеріалу зношених деталей за прямим призначенням [24]. Економічна ефективність від впровадження запропонованої технології визначалася порівнянням вартості відновлення маточин з зношених з вартістю виготовлення знову з круглого прокату [25]. При цьому основна зарплата виробничих робітників визначалася за формулою:

$$ЗП_{осм} = T_{Pi} \cdot C_{год}, \quad (5.1)$$

де T_{Pi} - трудомісткість робіт по операціях, год.;

$C_{год}$, - погодинна тарифна ставка ремонтника по розрядах, грн., год.

Додаткова зарплата становить 10% від основної.

Нарахування на соціальне страхування визначається за формулою:

$$H_{соц} = (ЗП_{осн} + ЗП_{дон}) \cdot 0,41 \quad (5.2)$$

Після відповідних підстановок отримаємо:

$$H_{соц1}=0,39 \text{ грн.}, H_{соц2}=0,5 \text{ грн.}, H_{соц3}=0,43 \text{ грн.}, H_{соц4}=0,28 \text{ грн.}$$

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Залишкова вартість матеріалу зношеної деталі становить 2% від відпускних цін нових деталей, що становлять відповідно для маточин 6Т2-2107, 64-21101, СМД14-2112, 14.160.1142: $C_1=21$ грн., $C_2=18$ грн., $C_3=17$ грн., $C_4=25$ грн.

Таким чином, прямі витрати складуть:

$$PP_1=1,76 \text{ грн.}, PP_2=2,08 \text{ грн.}, PP_3=1,815 \text{ грн.}, PP_4=1,45 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат по капітальних вкладеннях у виробництво наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 5.1

Розрахунок капітальних витрат

№	Найменування основних витрат	Кількість	Вартість, грн.	Коефіцієнт використання	Сума витрат, грн.
1	Будівлі і споруди	1000 м ³	500	0,1	50000
2	Установка для наплавлення У- 653	1	15000	0,1	15000
3	Електропіч Ц-105А	1	48000	0,1	48000
4	Піч соляна СВС 35/13	1	17600	0,2	9520
5	Гідропрес ДБ 2436	1	161600	0,2	32320
6	Токарно-гвинторізний верстат 1К62	1	292000	0,2	58400
7	Вертикально-протяжний верстат 7Б66	1	104800	0,2	20960
8	Вертикально-свердлильний верстат 2Н118	1	12880	0,2	8570
9	Верстак ОРГ -5101	1	1600	0,2	4320
10	Штампи	1	15000	0,5	12500
11	Кондуктор	1	2400	0,2	5480
12	Установка піскоструминної очистки	1	6000	0,1	2600
Разом:					744180

Амортизаційні відрахування по виробничому приміщенню складають 4,7% від його балансової вартості, тобто:

$$A_n=2350 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування по обладнанню становлять 14,1% від його балансової вартості, тобто:

$$A_{об}=11340 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт виробничого приміщення складають 2% від

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк. 49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

його балансової вартості, тобто:

$$Z_{np}=1000 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт обладнання складають 5% від його балансової вартості, тобто:

$$Z_{об}=4020 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і відновлення інструменту та інвентарю беруть з розрахунку 40 грн. на одного виробничого робітника. Кількість робочих, яке визначається, виходячи з трудомісткості виготовлення однієї деталі, оптимальної річної програми відновлення і річного фонду часу, прийнято рівним 4. Таким чином, $Z_{ин} = 160$ грн.

Енергоємність процесу характеризується витратами на електроенергію, яка споживається електросиловими установками (електропеччю, гідроприводом, металорізальними верстатами) при відновленні однієї маточини. Виходячи з паспортних даних обладнання та операційного часу на обробку однієї деталі, енергоємність становила 8 КВт-год.

При вартості 1 КВт-год електроенергії 1,99 грн. витрати на електроенергію складуть: $Z_e = 71140$ грн.

Витрати на освітлення визначаються за формулою:

$$Z_{eo} = k_c \cdot \sum_{i=1}^n P_{осв} \cdot T_{ос} \cdot Ц_{КВМ-ч}, \quad (5.3)$$

де k_c - коефіцієнт попиту, рівний 0,8;

$\sum_{n=i}^n P_{осв}$ - сумарна потужність 40 світильних установок по 100 Вт кожна, тобто 4 КВт;

$T_{ос}$ - час користування освітленням, приймається рівним 650 год.

Після підстановок: $Z_{eo} = 790$ грн.

Витрати на воду для виробничих потреб приймаються в розрахунку 0,50 грн. на одну відновлювану деталь: $Z_{вод} = 230$ грн. Витрати на воду для побутових потреб приймаються рівними 15 грн. на одного виробничого робітника: $Z_{ноб} = 60$ грн.

Вартість використаного протягом року стисненого повітря приймається,

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виходячи з потреби устаткування, рівним $Z_{нов} = 120$ грн.

Витрати на модернізацію обладнання в результаті раціоналізаторських пропозицій складуть: $Z_{рац} = 400$ грн.

Витрати на охорону праці нараховуються, виходячи з 100 грн на одного працюючого, тобто складуть: $Z_{ох} = 400$ грн.

Загальновиробничі витрати по ділянці відновлення маточин в сукупності складуть:

$$H_{вр} = 130410 + 2350 + 11340 + 1000 + 4020 + 160 + 71140 + 790 + 230 + 60 + 120 + 400 + 400 = 222670 \text{ грн.}$$

Загальногосподарські витрати на ділянці складуть 14% від усіх загальновиробничих і загальногосподарських витрат:

$$H_{зос} = 31170 \text{ грн.}$$

Сумарні накладні витрати визначаються як сума загальновиробничих і загальногосподарських витрат:

$$HВ = 253840 \text{ грн.}$$

Накладні витрати на відновлення однієї маточини складуть:

$$HВ^I = 18,5 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість відновлення визначається за формулою:

$$C_i = PP_i + HВ^I, \quad (5.4)$$

Для маточин 6Т2-2107, 64-21101, СМД14-2112, 14.160.1142 вона відповідно складе: $C_1 = 20,56$ грн., $C_2 = 20,88$ грн., $C_3 = 20,61$ грн., $C_4 = 20,25$ грн.

Рівень рентабельності технологічного процесу відновлення визначається за формулою:

$$P_i = \left[\frac{(Ц_i - C_i)}{C_i} \right] \cdot 100, \quad (5.5)$$

Після відповідних підстановок отримаємо: $P_1 = 67\%$, $P_2 = 39\%$, $P_3 = 34\%$, $P_4 = 104\%$.

Річний економічний ефект визначається за такою залежністю:

$$Є = \left[Ц - \left(C + E \cdot \left(\frac{K}{N} \right) \right) \right] N, \quad (5.6)$$

де E - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E = 0,15$;

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K - капітальні вкладення, грн;

C - собівартість відновлення, грн.;

Π - відпускна ціна, грн.;

N - річна програма відновлення, шт.

Після відповідних підстановок отримуємо: $\epsilon_1 = 185434$ грн., $\epsilon_2 = 107746$ грн., $\epsilon_3 = 90675$ грн., $\epsilon_4 = 286299$ грн.

Як видно з проведених розрахунків, найбільший економічний ефект досягається від відновлення маточин двигуна КамАЗ-740.

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [26]:

$$T_{ок} = \frac{K}{\epsilon_i}, \quad (5.7)$$

Після обчислень отримуємо: $T_{ок1} = 0,43$ року; $T_{ок2} = 0,74$ року; $T_{ок3} = 0,88$ року; $T_{ок4} = 0,28$ року.

Наведені розрахунки свідчать про економічну доцільність виконаної роботи, а впровадження розробленого технологічного процесу дозволить з вигодою для ремонтного підприємства самостійно вирішити проблему забезпечення запчастинами досліджуваних найменувань.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що жоден з відомих способів відновлення не забезпечує комплексного усунення всіх дефектів маточин зі збереженням первісної структури і фізико-механічних властивостей. З огляду на наслідки зносу шліцьового отвору маточини, наявність запасу металу в тілі деталі, а також умови роботи муфти зчеплення, в якості базової прийнята технологія відновлення складнопрофільних деталей типу маточин з фланцем зміцнюючою обробкою тиском в штампі.

2. Аналіз існуючого стану ремонтного фонду показав, що більше 95% маточин ведених дисків муфт зчеплення мають знос шліців і отворів під заклепки вище граничнодопустимого і придатні до відновлення.

3. Проведені теоретичні дослідження виявили оптимальну динаміку процесу формоутворення поковки у зношеної маточини. Уточнений постадійний розрахунок силових характеристик процесу об'ємного штампування виявив резерви зменшення зусилля деформування до мінімально достатнього рівня за рахунок конструкційних змін в пристрої.

4. Математичною обробкою експериментальних даних отримана адекватна модель залежності зусилля деформування (P) від температури преддеформаційного нагріву ($T^{\circ}\text{C}$) і робочого ходу ступеневого пуансона (h). Максимальне зусилля преса склало $P = 3700$ кН при $T = 1100^{\circ}\text{C}$ і $h = 20$ мм.

5. Фізико-механічні властивості, макро- і мікроструктура відновлених пропонованим способом маточин відповідають новим, серійно виготовленим. Рівень мікронапружень по глибині відновленого шліца не перевищує 56,8 МПа. Мікроструктура відновленого шліцьового зуба маточини має більш високу зносостійкість за рахунок дрібнодисперсної будови голчастого мартенситу і більш рівномірно розподілених ділянок карбідів. Збережена волокнистість макроструктури і безперервність волокон, відсутні поверхневі мікротріщини,

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складки і спаї, що свідчить про високу якість відновлення.

6. Ресурс відновлення маточин ведених дисків муфт зчеплення двигунів А-41, СМД-14, СМД-64, КАМАЗ-740 за результатами експлуатаційних випробувань становить 89...100% від ресурсу серійно виготовлених маточин, що відповідає технічним вимогам на капітальний ремонт двигунів.

7. Розроблена на основі проведених експериментально теоретичних досліджень технологія відновлення відноситься до розряду ресурсозберігаючих, так як в якості заготовки використовується зношена деталь. Економічна ефективність від впровадження технологічних процесів відновлення маточин тиском на ремонтних підприємствах галузі складе 90,6...286 тис. грн.

					КРМ.133ГМмз_21[1].05.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		