

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

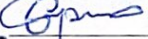
Пояснювальна записка до дипломної роботи магістра


Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»


Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»
на тему: «Ремонт і відновлення кузовних деталей автомобіля за допомогою
клеєклепаних з'єднань»

Шифр: МРТАМ 21.16112.000. ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група МТВАм -20-1  В.С. Єрмаков

Керівник  д.т.н., проф. О.В. Диха

До захисту допускаю:  Диха О.В.
Зав. кафедри ТАМ

6 12 2021_р.

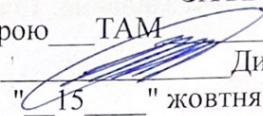
Хмельницький, 2021 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: спеціаліст
Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»
Спеціалізація: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедрою ТАМ

 Диха О.В.

" 15 " жовтня 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

Єрмакову Владиславу Станіславовичу

1. Тема проекту:
«Ремонт і відновлення кузовних деталей автомобіля за допомогою клеєклепаних з'єднань»

керівник проекту: Диха Олександр Володимирович, д.т.н., проф.

Затверджено наказом університету від 25 серпня 2021р. № 102

2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 15.12.2021 р.

3. Вихідні дані до проекту:

- 1) *Технічні умови на технологію виготовлення деталей кузова автомобіля обробки деталей.*
- 2) *Річна програма ремонту деталей.*
- 3) *Матеріали науково-дослідної практики.*
- 4) *Результати літературного огляду і патентного пошуку.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. *Огляд літературних джерел*
2. *Особливості проектування клеєклепаних з'єднань*
3. *Експериментальне дослідження властивостей клеєклепаних з'єднань*
4. *Експериментальне дослідження технології клеєклі*
5. *Ремонт автомобільних кузовів з використанням клеєклепаної технології*

5. Консультанти розділів роботи


| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

6. Дата видачі завдання: 15 жовтня 2020р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|--|---|----------|
| 1 | Огляд літературних джерел | 1.11.2021 | |
| 2 | Особливості проектування клеєклепаних з'єднань | 15.11.2021 | |
| 3 | Експериментальне дослідження властивостей клеєклепаних з'єднань | 1.12.2021 | |
| 4 | Експериментальне дослідження технології клепки | 5.12.2021 | |
| 5 | Ремонт автомобільних кузовів з використанням клеєклепаної технології | 15.12.2021 | |
| 6 | Оформлення презентаційних матеріалів | 15.12.2021 | |

Студент

 Єрмаков В.С.

Керівник роботи

 Диха О.В.

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 105 сторінок, кількість рисунків – 24, таблиць – 10, додатків – 2, кількість джерел згідно із переліком посилань – 106.

Студент гр. МТВАм-20-1 Єрмаков В.С.

Тема «Ремонт і відновлення кузовних деталей автомобіля за допомогою клеєклепаних з'єднань»

Дана магістерська дипломна робота спрямована на вдосконалення технологічних процесів створення та демонтажу клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів для підприємств з технічного обслуговування і ремонту автомобільного транспорту.





В результаті виконання роботи вирішені наступні завдання:

1. Розроблені алгоритми оцінки точності клеєклепаного з'єднання в залежності від конструкторсько-технологічних факторів;
2. Розроблені критерії вибору клеїв-розплавів для створення клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів;
3. Досліджені властивості клеєклепаного з'єднання при використанні клеїв-розплавів;
4. Розроблені технологічні процеси створення і демонтажу клеєклепаних з'єднань з використанням клеїв-розплавів при ремонті автомобільних кузовів;

Перелік ключових слів: кузов автомобіля, ремонт, клей, клепка, технологічний процес.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ | 8 |
| 1.1. Особливості застосування технології клепки при виготовленні та ремонті автомобілів | 8 |
| 1.2. Існуючі технології створення клеєклепаних з'єднань..... | 11 |
| 1.3. Вимоги до матеріалів, використовуваних при створенні клеєклепаних з'єднань | 16 |
| РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ КЛЕЄКЛЕПАНИХ З'ЄДНАНЬ..... | 28 |
| 2.1. Особливості розрахунку клепаних і клеєклепаних з'єднань | 28 |
| 2.2. Аналіз руйнування клепаних і клеєклепаних з'єднань в процесі експлуатації | 31 |
| РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЛЕЄКЛЕПАНИХ З'ЄДНАНЬ..... | 39 |
| 3.1. Обґрунтування доцільності використання клею в клепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів ... | 39 |
| 3.2. Обґрунтування вибору клею для клеєклепаной технології складання автомобільних кузовів в умовах авторемонтного виробництва | 41 |
| 3.3. Експериментальне дослідження міцнісних властивостей клеєклепаних з'єднань з різними типами клеїв | 52 |
| 3.4. Дослідження ремонтпридатності клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів | 60 |
| Висновки по 3 розділу | 65 |

| | | | | |
|---|---------|----------|---|-------|
| МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| Розроб. | Єрмаков | |  | |
| Перевір. | Диха | |  | |
| Н.контр. | Бабак | |  | |
| Затвер | Диха | |  | |
| Ремонт і відновлення кузовних деталей автомобіля за допомогою клеєклепаних з'єднань | | | Літ. | Аркуш |
| | | | 4 | 107 |
| ХНУ, гр. МТВАм-20-1 | | | | |

ВСТУП

Ремонт автомобільних кузовів представляє одну з найбільш складних технологічних завдань відновлення експлуатаційних властивостей автомобілів. Особливу складність представляє ремонт клепаних з'єднань елементів кузовів.

Клепанною технологію застосовують при складанні різнорідних або погано зварюються, термооброблених або остаточно оброблених точних деталей, для яких неприпустимий нагрів і тому не можна застосовувати зварювання. Клепка також використовується при складанні в один пакет кількох деталей, а також деталей, що піддаються впливу вібрації і ударних навантажень. Технологія клепки, як спосіб створення нероз'ємних з'єднань, була відома більше 2500 років тому, застосовувалася в різних видах з'єднань і зараз отримала широке застосування при виробництві та ремонті машин самого різного призначення. Клеєклепана технологія збірки деталей машин, натомість контактного точкового зварювання, є досить перспективною для машино- і автомобілебудування. Дана технологія має величезні переваги перед класичною точковим зварюванням і клепкою. Введення клею в шов при виготовленні клеєклепаного з'єднання дозволило істотно підвищити такі параметри з'єднання як корозійну стійкість, міцність і довговічність, особливо при знакозмінних навантаженнях. Недоліки притаманні технології клеєклепкі можуть бути істотно зменшені вдосконаленням технології створення клеєклепаних з'єднань (особливо це актуально для авторемонтних виробництв), точним розрахунком параметрів клеєклепаного з'єднання і застосуванням перспективних полімерних матеріалів (зокрема клеїв-розплавів). Основною перешкодою для інтенсивного впровадження технології клеєклепкі при ремонті автомобільних кузовів з використанням термопластичних клеїв-розплавів є вельми обмежені відомості по деформаційно-міцності властивостями клеїв-

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

розплавів, їх стійкості до впливу різних експлуатаційних факторів, а також відсутність технологічних рекомендацій їх застосування при ремонті автомобільних кузовів. Додаткові труднощі виникають при демонтажі клеєклепаних з'єднань в умовах авторемонтного виробництва.

Виробничі технології клепки не можуть бути використані при ремонті автомобілів, так як вони не враховують наявності різних експлуатаційних пошкоджень та специфіки подальшого демонтажу клеєклепаних з'єднань, що призводить до суттєвих пошкоджень клеємеханічних з'єднань при демонтажі і низької якості повторної збірки клеємеханічних з'єднань.

Таким чином, робота спрямована на вдосконалення технологічних процесів створення та демонтажу клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів є актуальною для підприємств з технічного обслуговування і ремонту автомобільного транспорту, оскільки дозволяє забезпечити можливість демонтажу елементів з'єднання без значних пошкоджень з можливістю їх подальшого відновлення і монтажу.

Метою магістерської роботи є розробка технологічних процесів створення та демонтажу клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів, що забезпечують підвищення ремонтпридатності.

Основні завдання відповідно до мети полягали в наступному:

1. Розробити алгоритм оцінки точності клеєклепаного з'єднання в залежності від конструкторсько-технологічних факторів;
2. Розробити критерії вибору клеїв-розплавів для створення клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів;
3. Дослідити властивості клеєклепаного з'єднання при використанні клеїв-розплавів;
4. Розробити технологічні процеси створення і демонтажу клеєклепаних з'єднань з використанням клеїв-розплавів при ремонті автомобільних кузовів.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Змн. | Арк. | № док.ум. | Підпис | Дата | | |

Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Особливості застосування технології клепок при виготовленні та ремонті автомобілів

Клепкою називають технологічний процес отримання нероз'ємного з'єднання шляхом осаджування виступаючої частини стержня заклепки і формування з неї замикає головки необхідної форми і розміру [64, 88]. Заклепувальні з'єднання можуть бути отримані і без використання заклепки, тобто безпосереднім склепиванням двох деталей.

Клепка, як технологічний процес, відома з давніх-давен, цієї технології більше 2000 років. Часто археологи знаходять при розкопках різні предмети, в яких застосовувався цей метод з'єднання. На початку 19-го століття вона використовувалася як один з головних методів отримання нероз'ємних з'єднань металів, так наприклад відома всім Ейфелева вежа в Парижі зібрана безпосередньо із застосуванням заклепок. Але в зв'язку з розвитком зварних технологій, клепка була відсунута на задній план і застосовувалася все рідше. З початком застосування різномірних матеріалів в різних виробництвах, де було потрібно отримання нероз'ємних з'єднань, клепка знову вийшла на передній план [43]. Клепка краще за інших технологій підходить для з'єднання високоміцних сталей, алюмінію, магнію і штучних матеріалів, тобто тих матеріалів, які сьогодні широко використовуються в різних галузях промисловості, а в більшій мірі в авіа- і суднобудуванні. Останнім часом клепку все частіше стали застосовувати і в автомобілебудуванні в зв'язку із застосуванням вищезазначених різномірних матеріалів. Завдяки їй, можна скріплювати деталі без негативного впливу на них. Деталі не піддаються істотного нагрівання, а значить ризик викривлення зведений, в даному випадку, до мінімуму. Відсутня утворення шкідливих виробничих парів і випарів, що виділяються при зварюванні і пайку. Деталі не піддаються істотного нагрівання, а

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

значить ризик викривлення зведених, в даному випадку, до мінімуму. Відсутня утворення шкідливих виробничих парів і випарів, що виділяються при зварюванні і пайку. Деталі не піддаються істотного нагрівання, а значить ризик викривлення зведених, в даному випадку, до мінімуму. Відсутня утворення шкідливих виробничих парів і випарів, що виділяються при зварюванні і пайку.

Найчастіше клепака використовується при складанні листових деталей. Але, не дивлячись на відсутність шкідливого впливу, як на метал, так і на людину, заклепочні сполуки є більш трудомісткими і їх зазвичай застосовують тільки в тих випадках, коли інші способи збирання незастосовні по конструктивним або технологічних міркувань, наприклад при складанні пасажирського літака застосовують до 2 , 5 млн. шт. заклепок.

Залежно від міцності і герметичності, все заклепочні з'єднання поділяють на дві групи:

- 1 група - силові;
- 2 група - силові щільні.

З'єднання першої групи використовуються при складанні металевих з'єднань, що працюють без тиску. З'єднання другої групи застосовуються при складанні конструкцій з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), а також в металевих конструкціях, що працюють під тиском (наприклад, трубопроводи).

Можна виділити наступні основні переваги клепаних з'єднань:

- висока стійкість до вібраційних і ударних навантажень;
- універсальність, тобто можливість отримання нероз'ємного з'єднання в конструкціях, коли інші способи збирання неспроможні;
- стабільність і контрольованість якості збірки. Недоліком клепаних з'єднань є:
 - висока трудомісткість виготовлення;
 - підвищена витрата металу;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- ослаблення перетину деталей отворами;
- концентрації напружень;
- порушення гладкості зовнішніх поверхонь.

Також до основних недоліків клепаних з'єднань відноситься висока трудомісткість, так як для забезпечення необхідної міцності клепаних конструкцій потрібно постановка заклепок з невеликим кроком і застосування багаторядних швів. Це призводить до великої витрати заклепок, збільшує трудомісткість і ускладнює конструкцію. Отвори в з'єднуються деталях є джерелом концентрації напружень, причиною виникнення втомних тріщин і часто призводять до порушення герметичності конструкції.

Ще одним недоліком клепаних з'єднань є їх негерметичність і, як наслідок цього, низька корозійна стійкість. Багато в чому саме з цієї причини заклепочні з'єднання поступово замінюють на зварні.

Істотний внесок у розвиток технологічних методів застосування клепаних з'єднань в різних галузях промисловості внесли роботи Григор'єва В.П., Орлова Л.М., Ричіна С.А., Колганова І.М. [42, 61, 81, 88] та ін. Однак, в своїх роботах вони не розглядали питання підвищення герметичності клепаних з'єднань шляхом використання клейових матеріалів.

Порушення герметичності відбувається і після герметизації заклепувального з'єднання, так як велика ймовірність виникнення електрохімічної корозії. При постановці заклепок в великогабаритних деталях з великим числом отворів має місце розбіжність отворів через взаємного переміщення деталей. Використання поверхневої герметизації дозволяє лише частково

вирішити проблему забезпечення герметичності з'єднання. Цих недоліків частково позбавлені клеєклепание з'єднання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.2. Існуючі технології створення клеєклепаних з'єднань

В даний час все більше виробників автомобілів починають застосовувати в своїх кузовах нові полегшені матеріали, що дозволяють знизити вагу автомобіля і тим самим зменшити споживання палива. У ролі «легких» матеріалів можуть використовуватися алюмінієві сплави, а також композиційні матеріали на базі вуглецевих волокон (вуглепластики).

Установка таких деталей на автомобіль викликає деякі труднощі, так як силовий каркас кузова виконаний з міцних сталей і точкове зварювання для кріплення деталей з інших матеріалів не підходить в зв'язку з неоднорідністю матеріалів. Тому виробники все частіше почали застосовувати при складанні технології клеєння і клепки.

Наприклад, компанія BMW з 2009 року розділяє пошкодження кузовів на три основні категорії: 1 - деталі, що встановлюються за допомогою різьбових з'єднань, 2 - деталі, які не потребують рихтування, що встановлюються за допомогою клею і клепки, 3 - деталі, що вимагають рихтування та встановлюються за допомогою клеєння і клепки. Як стверджують самі майстри, переваги даної технології перед класичної точковим зварюванням полягають у зменшенні часу при ремонті і більш поліпшений захист від корозії [35].

Склеювання і клепка - це дві різні операції, які при поєднанні їх в єдиний технологічний процес, отримали назву клеєклепкі, а отримані сполуки - клеєклепаніми [8].

У той же час, клеєклепаная технологія не є простим додаванням технології склеювання і клепки.

Основними технологічними операціями при склеюванні є [71, 83, 106]:

- 1) Підготовка поверхні деталей, що склеюються;
- 2) Підготовка матеріалів, що клеять;
- 3) Нанесення клеять матеріалів;
- 4) Відкрита витримка;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- 5) Збірка деталей, що склеюються;
- 6) Контроль якості клейового з'єднання.

Основними технологічними операціями при клепки є:

- 1) Збірка склепуваної деталей;
- 2) Виготовлення отворів під заклепки (або розмітка при використанні самопробівних заклепок);
- 3) Клепка;
- 4) Контроль якості.

Таким чином, тільки одна єдина операція - контроль якості для цих двох технологій є спільною, хоча в дійсності її загальної також назвати не можна, оскільки використовуються абсолютно різні методи контролю. Для клейовий технології це ультразвукові методи і різні луна дефектоскопи [77]. У той же час, поряд з розвитком сучасної техніки контролю якості клейових з'єднань, які не менше поширення досі мають візуальні методи контролю, такі як оцінка сплошності клейового шва, відсутність в ньому видимих пір, рівномірність товщини клейового шару та ін. Такий, здавалося б , найпростіший контроль, також дозволяє визначити місця можливих дефектів і, що найголовніше, саме він дозволяє оцінити якість усієї використовуваної технології.

За оцінками багатьох фахівців [15, 59, 92, 95, 113] якість клейового з'єднання залежить від використовуваної технології підготовки поверхонь під склеювання. Для клейових технологій таких методів існує дуже багато, в тому числі і для очищення поверхонь металів, тоді як при клепки такої операції або не проводять зовсім або ж використовують тільки найпростіші методи очищення, типу протирання дрантям.

Теоретичні та експериментальні питання застосування різних технологій при створенні клеєклеваних з'єднань розглянуті в роботах Баурова Н.І., Башкирцева В.І., Вільної Ж.Ж., Петрової А.П., Фрейдіна А.С. і ін. [20, 21, 31, 83, 103].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Залежно від методу додатка тиску клепок поділяють на ударну і методом пресування. При клеєклепке металевих конструкцій найбільше застосування знайшов ударний метод.

В даний час при створенні клеємеханічних з'єднань застосовуються три способи отримання клеєклепаних з'єднань [8]:

- 1) постановка заклепок по затвердіння клейового шару (клепка після нанесення клею і після його затвердіння);
- 2) постановка заклепок по неотверженому клею (клепка після нанесення клею, але перед його ствердженням);
- 3) введення клею після постановки заклепки (клепка до нанесення клею).

Переваги клеєклепаних з'єднань, отриманих будь-яким з цих методів, полягають в наступному:

- висока втомна міцність;
- високі жорсткісні характеристики з'єднання;
- герметичність з'єднання;
- антикорозійний захист клепаного шва;
- економічна ефективність (зменшення метало- та трудомісткості за рахунок зменшення числа заклепок).

До недоліків клеєклепаних з'єднань відносяться такі чинники:

- при постановці заклепок по затвердіння клейового шару велика ймовірність пошкодження клейового шва, що призведе до порушення герметичності з'єднання і зниження його міцності;
- при постановці заклепок по неотверженому клейовому шву велика ймовірність забруднення інструменту надлишками неотверженого клею;
- при введенні клею після постановки заклепки збільшується тривалість технологічного процесу за рахунок додаткового часу на нанесення і затвердіння клею.

Загальним недоліком всіх трьох способів виконання клеєклепаних

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

з'єднань є відносна складність і трудомісткість контролю якості склеювання. Вирішити цю проблему, на мою думку, можна за рахунок використання клейових матеріалів, які не вимагають тривалого затвердіння і не чутливі до низької якості підготовки поверхні металів перед нанесенням клею. Серед безлічі самих різних типів клеїв, до таких матеріалів відносяться термопластичні клеї-розплави.

Технологія нанесення термореактивних клеїв і термопластичних клеєв-розплавів принципово різна. Для нанесення термореактивних клеїв, які, як правило, знаходяться в рідкому стані, використовують: кисті, шпателі, різні типи розпилювачів і т.д. Клеї-розплави в початковому стані являють собою твердий матеріал і тому перед нанесенням на поверхню він спочатку повинен бути розплавлений. Для цих цілей використовують спеціальні термопістолети [17, 68] або будь-які інші інструменти.

Незважаючи на гадану простоту технології застосування клеєв-розплавів, при їх використанні виникає безліч технологічних проблем. Найбільш складною проблемою є швидке охолодження клею-розплаву при його безпосередньому контакті з холодною металевою поверхнею. Кінетика цього процесу залежить від теплофізичних властивостей використовуваного клею-розплаву і температури його плавлення. Ще одним важливим фактором є температура склепуваної деталей, однак, як правило, вона дорівнює температурі повітря у виробничому приміщенні. Якщо товщина шару клею мала, то його охолодження відбуватиметься з дуже великою швидкістю, то робітник може просто не встигнути встановити заклепку і провести процес клепок. Інший, не менш складною проблемою, є складність в забезпеченні рівномірного товщини клейового шва при використанні клеїв-розплавів. Основоположники теорії адгезії [13, 27, 63, 100, 103] і клейовий технології [59, 71, 83, 106] одноставно стверджують, що міцність будь-яких клейових матеріалів має екстремальний характер залежності від їх товщини (рис. 1.1).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

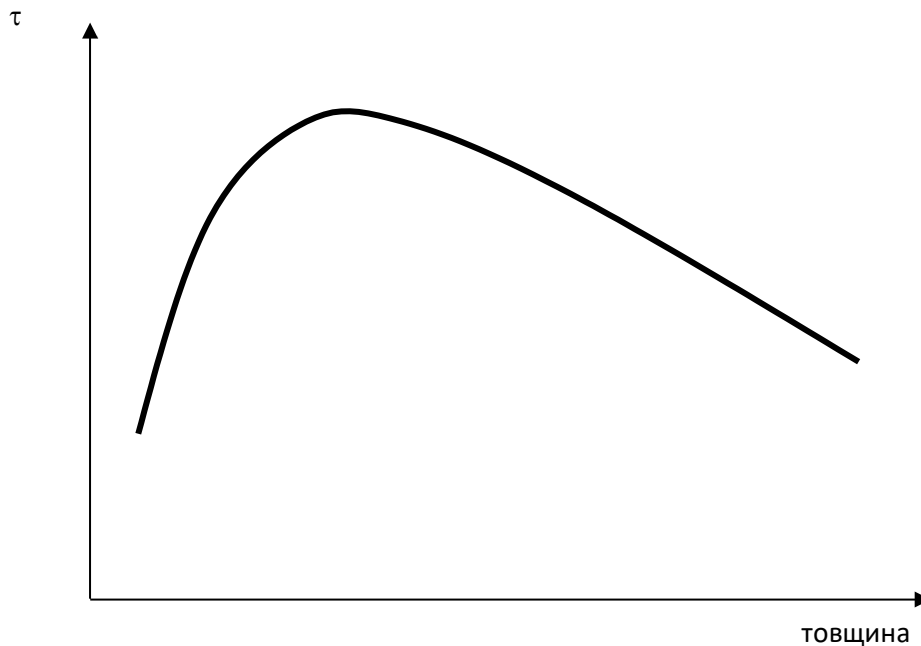


Рисунок 1.1 - Залежність міцності при зсуві від товщини клейового шва

Кількісні значення товщини, при яких величина адгезійної міцності буде максимальна, залежать в першу чергу від хімічної природи клею і властивостей матеріалів, що склеюються. При використанні епоксидних клеїв, за оцінкою авторів робіт [17, 92, 104, 105] оптимальні значення товщини складають 0,1-0,25 мм, для акрилатних клеїв ці товщини рівні 0,01-0,05 мм. У технічній літературі відсутні дані по оптимальних значень товщини для клеїв-розплавів при яких би забезпечувалися найбільші значення міцності клейових з'єднань.

Залежно від температури, клепку поділяють на холодну і гарячу. При холодній клепки заклепки не нагрівається. При гарячій клепки заклепку нагрівають до пластичного стану (для сталей до 900-1150 ° С), встановлюють в отвір і осаджують клепаально інструментом. Гаряча клепка застосовується для з'єднання сталевих деталей, при діаметрі заклепок понад 14 мм.

При гарячій клепки клейовий матеріал частково вигорє і тому, як правило, клеєклепаніє з'єднання отримують тільки при холодній клепки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Разом з тим використання клейових матеріалів при гарячій клепки можливо, якщо клейовий матеріал вводити в шов після процесів клепки або ж якщо проводити процес клепки після затвердіння клею і використовувати термостійкі клейові матеріали.

Клеєклепание з'єднання за своїми деформаційно-міцності властивостями вигідно відрізняються від клепаних, так як мають більш високу міцність при статичних і вібраційних навантаженнях, є герметичними і більш легкими.

На думку ряду авторів [5, 15, 42, 56] у порівнянні з клепати і клейовими з'єднаннями, клеєклепание з'єднання об'єднує більш високою міцністю на зсув (на 15-35%), рівномірний (на 20%) і нерівномірний відрив (на 25- 40%). Клеєклепаная технологія є не тільки самим надійним способом забезпечення герметичності, а й одним з найдешевших. При навантаженні клеєклепаного з'єднання клейовий шов сприймає значну частину напруги, розвантажує заклепки і знижує деформування листів. У клеєклепаном з'єднанні концентрація напружень по площі перетину не тільки зменшується, а й вирівнюється і підвищує міцність з'єднання, особливо при циклічних навантаженнях.

1.3. Вимоги до матеріалів, використовуваних при створенні клеєклепаних з'єднань

Питанням вибору клейових матеріалів, в тому числі і при створенні різних типів клеємеханічних з'єднань, в роботах Петрової А.П., Кардашова Д.А., Мотовилін Г.В. ін. [59, 83, 98, 106] приділено багато уваги, проте в переважній більшості автори обмежувалися перерахуванням всіх можливих умов, які в реальному виробництві виконати практично неможливо. Наприклад, в роботі [95] запропонований ідеалізований список з 10 позицій. Під пунктом 1 автори наводять вимогу щодо міцності, вказуючи, що

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 16 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

«Адгезія клею до субстрату не може бути менше 1/10 когезионної міцності склеюваного матеріалу». Під пунктом 2 цього ж списку вимог зазначено, що «деформаційні характеристики клею повинні збігатися або наближатися до аналогічних властивостям субстрату». Ця вимога може бути забезпечено, наприклад, при використанні клеїв на основі каучуку, призначених для склеювання між собою гум, однак воно не може бути виконано, якщо потрібно з'єднувати між собою метали.

Аналогічних прикладів можна навести безліч, наприклад, в роботі А.В. Ігнатова [56] автор пише, що «при виборі клею за критерій оцінки прийнято брати модуль пружності клею і коефіцієнт термічного розширення». Це твердження вимагає пояснень, оскільки не ясно, яким повинен бути модуль пружності клею (великим або, навпаки, малим).

Найбільш загальними вимогами до клею є:

- необхідні деформаційно-міцнісні властивості, теплостійкість і тривала стійкість до робочих середовищ, оскільки саме від них залежатиме довговічність експлуатації клейового з'єднання;
- необхідні технологічні властивості, до яких в першу чергу відносяться температура і час затвердіння, тиск, в'язкість (якщо клей в початковому стані являє собою рідину);
- сумісність клею і склеюються.

У роботах [7-9, 19], перераховуючи основні вимоги до клейового матеріалу, призначеному для отримання клеєклепаних з'єднань автори вказують на те, що клей не повинен утворювати з металом гальванічну пару, оскільки в іншому випадку можливе утворення корозії. При створенні клеєклепаних з'єднань клей є практично єдиним засобом захисту внутрішньої поверхні деталей, що від корозії і робить з'єднання герметичним.

Однак конкретних вимог до клею, в яких би вказувалися значення його адгезійною і когезионної міцності, величини відносного подовження,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

теплостійкості і т.д., стосовно до клеєклепаним з'єднанням втехнічній літературі знайти не вдалося.

Для створення клеєклепаних з'єднань, на думку авторів робіт [11, 17, 72, 94, 106] можуть використовуватися різні клейові матеріали:

- епоксидні клеї гарячого і холодного затвердіння (ВК-39, ВК-40, ГИПК-13-12, ГИПК-133, ГИПК-134, Д-9Г, К-10, ВК-9, ВК-37, ВТ-10, ВТ - 200, ГИПК-139, К-300, К-300-61, К-400, К-600, К-800, КДС-19, КДС-23 і ін.);
- плівкові клеї (ВК-24, ВК-36, ВК-46, ВК-51, ВК-51А);
- фенолоформальдегідні клеї (ВК-13, ВК-25, ВК-25А і ін.);
- анаеробні просочують клеї (Анатерм-1У, Анатерм-1, Анатерм-4, Анагерм-100, Анагерм-101, Анагерм-102, ПК-80 і інші анаеробні клеї або ущільнювачів).

Наведений вище перелік клеїв викликає багато питань, наприклад, яка технологія застосування плівкових клеїв, адже в них буде потрібно робити отвори для установки заклепок і як при цьому зафіксувати плівковий клей на поверхні металу.

Клей ПК-80 взагалі не призначений для склеювання і рекомендований його виробниками [108] тільки для герметизації поверхневих дефектів. Настільки ж малу в'язкість мають і фенолоформальдегідні клеї.

Можливо, для якихось дуже вузьких областей застосування вище названий перелік клеїв, дійсно, може бути використаний, проте широкого поширення набули тільки клеї на основі епоксидних олігомерів, в першу чергу клеї марок ВК-27, ВК-37, ЦКМ і К-300 -61, що пов'язано з їх високою міцністю і технологічністю. У промисловому виробництві використовуються клеї марок ВК-27 та ВК-37, при ремонті К-300-61.

В роботі [94], поряд з епоксидними клеями, також згадуються фенольні, однак при виконанні даної роботи не вдалося знайти жодного прикладу виробів, де б фенольні клеї використовувалися при створенні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

будь-яких клеємеханічних з'єднань.

Найчастіше, при виборі клею для клеєклепаного з'єднання автори обмежуються лише його механічними властивостями. У той же час, в'язкість епоксидних, фенольних і акрилових клеїв змінюється в дуже широкому діапазоні. Низковязкі клеї будуть впливати з заклепувального з'єднання і тим самим не тільки не будуть збільшувати міцність клеєклепаного з'єднання, а й істотно будуть його забруднювати.

В даний час все більшого поширення набувають клеї-розплави, які є не що містить розчинників спеціальну плавку композицію на основі термопластичного полімеру, що володіє в розплавленому стані хорошими властивостями, що клеять (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Хімічний склад клеїв-розплавів

| КОМПОНЕНТ | зміст | призначення |
|---------------------------------|----------|---|
| високомолекулярний полімер | 20-50% | Основа клею. Забезпечує в'язкість розплаву і когезійну міцність клею в твердому стані |
| Смола (синтетична або природна) | 25-60% | Для підвищення липкості і плинності і поліпшення смачиваючої здатності |
| синтетичний полімер | 10-35% | Підвищує липкість, еластичність при нанесенні і міцність клейового з'єднання |
| антиоксидант | Менше 1% | забезпечує термічну стійкість |

При кімнатній температурі клей-розплав являє собою тверду речовину. При нагріванні компоненти клею-розплаву переходять з твердого стану в рідкий стан. Рідка клейка маса заповнює всі пори і працює з різними матеріалами, так як при кімнатній температурі знову твердіє. Клейова маса в рідкому стані має гарну адгезію. При охолодженні тонкий шар клею швидко переходить в твердий стан. При цьому виходить міцний клейовий шов. Температура склеювання, в залежності від марки клею, може перебувати в межах 100 - 200°C [8, 43].

Властивості і сфери застосування клеїв-розплавів детально розглянуті в роботах Баурова Н.І., Гузева Т.А., Малишевої Г.В., Комкова М.А., Петрової А.П., Хайруліна І.К. і ін. [17, 43, 62, 71, 94], проте ці клеї раніше дуже обмежено використовувалися для склеювання між собою різних металів і сплавів і найбільше застосування вони знайшли в будівництві, меблевої та взуттєвої промисловості. Для склеювання металів найбільше застосування отримали клеї на основі високомолекулярних поліамідів, що пов'язано з їх високою міцністю, яка практично не поступається епоксидним матеріалами. Однак, через високий водопоглинання, ці клеї також не знайшли широкого застосування в якості конструкційних матеріалів.

При створенні клеєклепаних з'єднань клеї-розплави раніше не використовувалися, хоча автори багатьох робіт вказували на їх виключно високу технологічність, що пов'язано з тим, що ці матеріали на відміну від будь-яких термореактивних клеїв НЕ тверднуть, а тверднуть. Таким чином, виключається найтриваліша технологічна операція.

При створенні клеєклепаних з'єднань особливі вимоги пред'являються до заклепкам. Заклепка має на кінцях дві головки, одну з яких називають заставної і виконують на заготівлі заздалегідь (тобто до процесу клепки), другу головку, звану замикас, формують безпосередньо в процесі клепки. Заклепувальні з'єднання збирають шляхом установки заклепок в

| | | | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № док.ум. | Підпис | Дата | | |

попередньо підготовлені отвори і подальшої осадкою (клепкою) спеціальним інструментом замикає головки. Пробивання отворів може виконуватися і самої заклепкою. В процесі клепки виробляють стяжку пакета і, за рахунок пружно поперечного деформування матеріалу заклепки, відбувається заповнення початкового зазору між стрижнем і стінками отвору, що веде до освіти натягу. Від натягу залежить не тільки міцність заклепувального з'єднання, але його герметичність [7].

При виготовленні клеєклеваних з'єднань використовують різні конструкції заклепок (рис. 1.2) і відповідно отримують різні види клеваних з'єднань. Форма використовуваних заклепок на вибір клею істотно впливу не робить. На рис. 1.2 представлені деякі види заклепок, використовуваних при процесах клеєклевкі, насправді ж різноманітність заклепок дуже велике.

При прямий клепанні (рис. 1.3 (а)) заставну головку заводять в поглиблення підтримки і замикає головка утворюється обжимкой, при зворотному клепанні (рис. 1.3 (б)) удари наносяться по заставній голівці, а замикає головка утворюється від зіткнення з підтримкою.

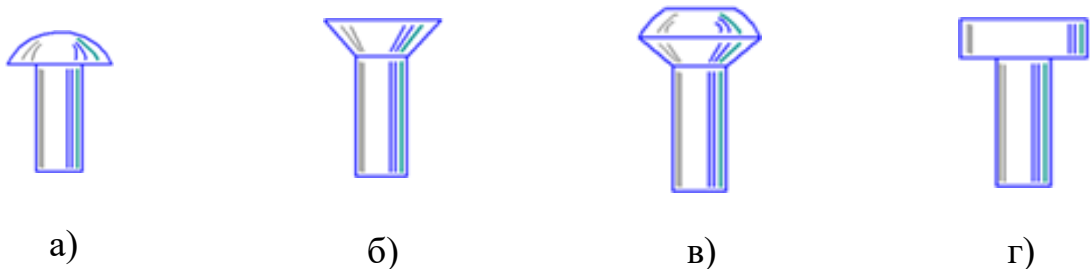


Рисунок 1.2 - Види заклепок: а - напівкругла, б - потайна, в - напівпотайною, г - плоска

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 21 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

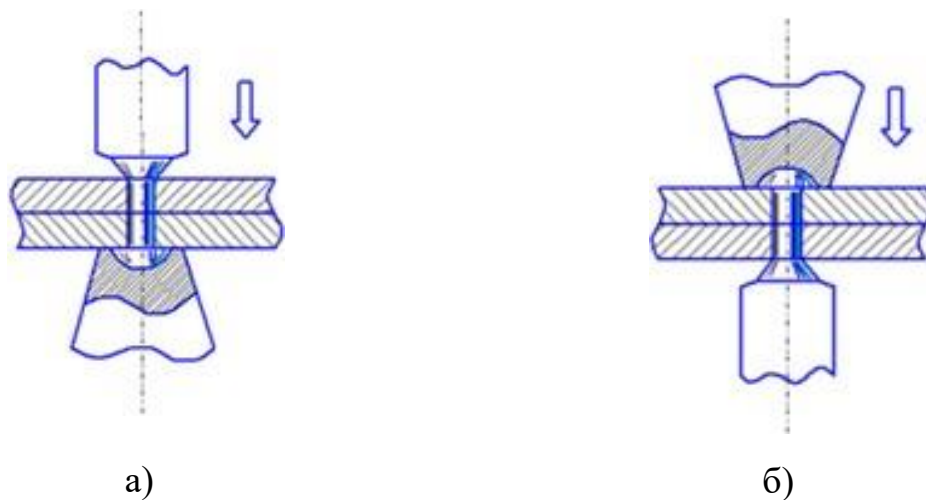


Рисунок 1.3 - Схеми двосторонньої клепки: а - пряма, б - зворотна

Заклепки при виробництві та ремонті автомобільних кузовів застосовуються в основному сліпі (їх також називають витяжними) або самопробівніе (пресові) (рис. 1.4).

Самопробівніе заклепки в різних галузях промисловості застосовуються приблизно з 1960-х років [38]. Заклепка є трубчастий дизайн з частково порожнистим валом. Така конструкція дозволяє заклепці пробратися через шари з'єднується пакета без попереднього свердління або пробивання отворів. Застосування даних заклепок являє собою процес з'єднання двох або більше листів в один пакет, за рахунок руху заклепки під тиском через верхні листи до нижнього, деформуючи його і не виходячи з нього. Після пробивання верхньої панелі пакета, заклепка радіально розширяться в нижній панелі. Технологія може з'єднувати стопку алюмінієвих листів до 12 мм або стопку сталевих листів до 6мм.

Така технологія дозволяє поєднувати різноманітні матеріали, а також матеріали, які були пофарбовані, покриті чим-небудь або лаковані. Самопробівніе заклепки можна використовувати в з'єднаннях, які включають герметики, клеї або ізоляцію. Також така технологія дозволяє з'єднати пакети з високоміцної сталі, оцинкованої сталі, алюмінію, пластмаси, такі матеріали як нейлон і поліпропілен, а також композитів. Така різноманітність матеріалів, що з'єднуються дозволяє даному виду заклепок бути затребуваним при виробництві автомобільних кузовів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 22 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Завдяки тому, що процес клепки не вимагає перфорування або попереднього свердління отворів, монтажники можуть заощадити загальне виробниче час в порівнянні з іншими типами заклепок і інших кріпильних деталей. Відсутність наскрізного отвору так само дозволяє забезпечити більш герметичне з'єднання.

Самопробівніе (рис. 1.4, а) заклепки, як правило, зроблені з високоякісних сортів сталевого дроту, яка була викувана, загартована і схильна до відпустки для забезпечення оптимальних робочих властивостей. Вони також можуть бути виготовлені з аустенітної або мартенситної нержавіючої сталі, міді або алюмінію для з'єднання м'яких сортів алюмінієвого матеріалу. Для задоволення функціональних або естетичних потреб передбачена велика різноманітність стилів головки заклепки. [44]



а)



б)

Рисунок 1.4 - Зовнішній вигляд самопробівної (а) і сліпий (б) заклепки

Використання самопробівних заклепок дозволяє досягти швидкої і при цьому ефективно збірки, низьких витрат і забезпечує високу продуктивність процесу клепки. Ці заклепки також є відмінним рішенням при складанні, коли важлива естетична складова. Головка заклепки може бути піднята або врівень, а хвіст може мати виступ від

1 до 3 мм, в залежності від розміру заклепки. Для установки самопробівних заклепок необхідно виконання двох основних умов: забезпечення доступу до обох сторін поверхонь, що з'єднуються і наявність мінімальної площі поверхні необхідної для кріплення, в залежності від розміру заклепок.

Основні конструктивні вимоги для клепок самопробівними заклепками полягають в наступному:

крихкий матеріал не повинен використовуватися для нижнього листа;

- по можливості, нижній лист повинен бути в'язким з коефіцієнтом розтягування вище 12%;

- з'єднання повинно здійснюватися переважно спочатку через тонкі або м'які матеріали і далі в товсті або тверді матеріали.

Однак, як правило, якщо з'єднання має бути отримано через товстий шар і потім в тонкий шар, це може бути зроблено, якщо нижній лист становить приблизно одну третину від загальної товщини стику.

Переваги процесу використання таких заклепок: економія часу за рахунок відсутності операції свердління і забезпечення сильного, стійкого з'єднання.

Процес вилучення даних заклепок із з'єднання є унікальним самим по собі і здійснюється з використанням спеціального обладнання. Це можуть бути зварювальні агрегати, принцип дії яких полягає в контактній приварке головки заклепки з подальшим витягуванням, а також спеціальні пістолети, конструктивно виготовлені під витяг заклепок. Якщо ж використання цих коштів не можливо, то заклепки просто висвердлюють.

Сліпі (рис. 1.4 (б), 1.5) заклепки зручні тим, що дозволяють отримувати нероз'ємні з'єднання навіть в тому випадку, коли доступ до місця з'єднання можливий тільки з одного боку. Складається така заклепка з корпусу, всередині якого розташовується сердечник, який при установці заклепки деформує кінець заклепки в сліпу головку. Схема сліпий заклепки

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. Типу сердечника:

- сердечник, простягає наскрізь (рис. 1.7, а);
- розривається витяжної сердечник (рис. 1.7, б);
- сердечник з відривається головкою (рис. 1.7, в);
- витяжної сердечник із заданою точкою розриву (рис. 1.7, г).

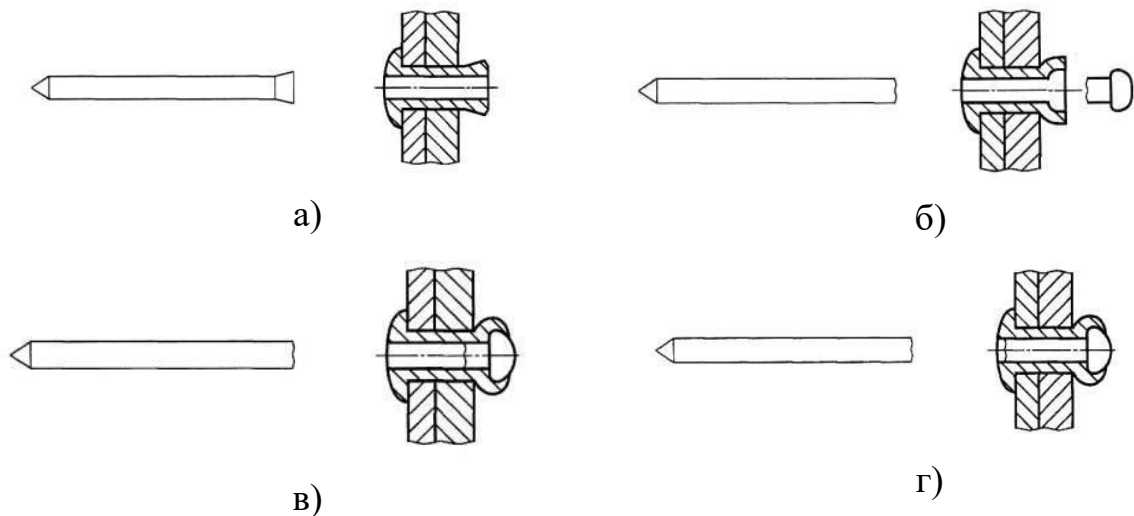


Рисунок 1.7 - Тип сердечника сліпий заклепки: а - простягає на крізь, б - розривається витяжної сердечник, в - з відривається головкою, г - витяжної сердечник із заданою точкою розриву

3. Типу стрижнів заклепок:

- відкритий кінець (рис. 1.8, а);
- подовжений відкритий кінець (рис. 1.8, б);
- закритий кінець (рис. 1.8, в);
- розділяється кінець (рис. 1.8, г).

Вибір типу стрижня і заклепки для клеєклепаного з'єднання раніше не проводився, що багато в чому і стало причиною відсутності обґрунтованих рекомендацій для проведення технології клеєклепкі при ремонті автомобільних кузовів. Технологія авторемонтного виробництва має свою специфіку, яка в першу чергу пов'язана з величезною номенклатурою

деталей і їх відносно низькою якістю. Це низька якість виражається в порушенні вимог до взаємного розташування поверхонь, що сполучаються, наявність на них слідів корозійних пошкоджень і т.д.

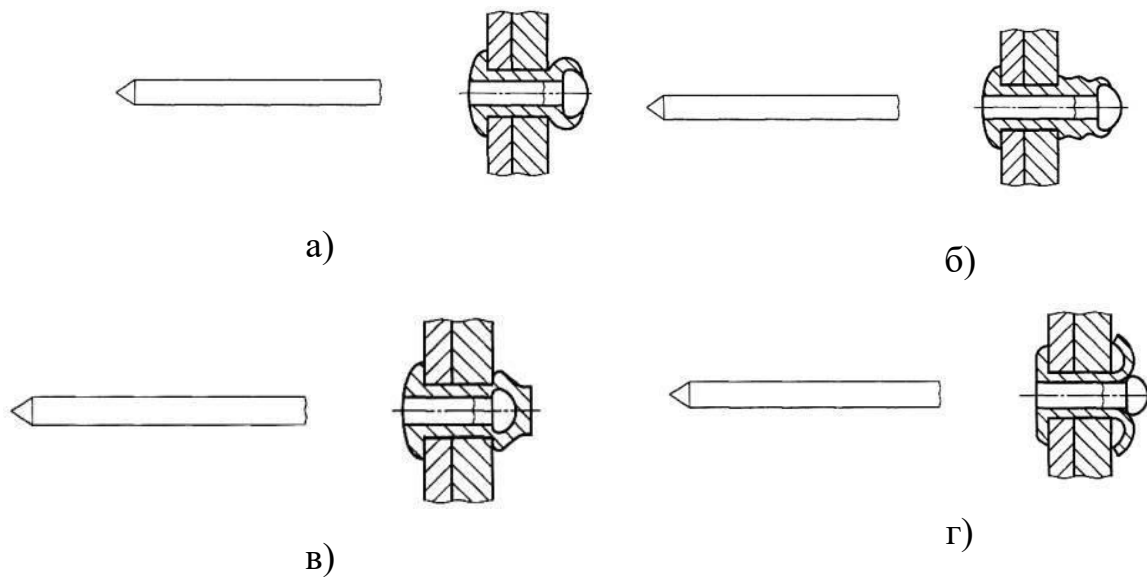


Рисунок 1.8 - Тип стрижнів сліпий заклепки: а - відкритий кінець, б - подовжений відкритий кінець, в - закритий кінець, г - розділяється кінець

Використання клеєклепаной технології дозволить частково вирішити ці проблеми, оскільки за рахунок клею можна вибрати зайвий зазор між сполучаються поверхнями. В роботі [67] такий прийом був використаний при створенні клеєсварних з'єднань, де за рахунок введення в клейовий матеріал наповнювача регулювалася товщина з'єднання. Однак просте перенесення цих результатів на клеєклепаное з'єднання неможливий, що пов'язано з особливостями використовуваних клеїв. Для клеєсварние з'єднання застосовувалися рідкі епоксидні клеї, а в якості наповнювача використовувався нітрид бору, тоді як для клеєклепаной технології пропонується застосовувати клеї-розплави, в які ввести наповнювач в умовах ремонтного виробництва утруднено, оскільки це вимагатиме використання спеціальних екструдерів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ КЛЕЄКЛЕПАНИХ З'ЄДНАНЬ

2.1. Особливості розрахунку клепааних і клеєклепааних з'єднань

Питання розрахунку клепааних з'єднань розглянуті в роботах Біргера І.А., Іосілевич Г.Б., Решетова Д.Н., Рахівського О.А. і ін. [26, 49, 57]. Автори цих робіт пропонують проводити розрахунок клепааних з'єднань тільки на підставі оцінки зовнішньої сили, яка залежить від площі перетину заклепок і коефіцієнта тертя. Однак, оскільки установка заклепок в отвір проводиться без натягу, то завжди мають місце зазори, що справляє визначальний вплив на міцність одержуваних сполук, але в розрахунках ніяк не враховується.

Як правило, автори [94-95] обмежувалися тільки найпростішим рівнянням для визначення сили холодної клепки

$$P = kd1.75\sigma0.75, \quad (2.1)$$

де k - коефіцієнт форми замикає головки заклепки (табл. 2.1), d - діаметр заклепки; σ_B - межа міцності матеріалу заклепки на розтягнення.

Таблиця 2.1 - Значення коефіцієнта форми замикає головки заклепки k

| форма головки | k |
|---------------|------|
| сферична | 28.6 |
| потайна | 26.2 |
| плоска | 15.2 |

Рівняння (2.1), також як і дані, наведені в табл. 2.1 є досить умовними, оскільки в них не враховані матеріали заклепок і геометричні характеристики заклепок і склепується пакета.

Автори робіт [15, 23, 94] стверджують, то при клеєклепке виробів з ПКМ сила клепки на 20 ... 30% менше, ніж при клеєклепке металевих конструкцій. Сила стиснення листів становить 10 ... 15% від сили необхідної для утворення замикаючої головки [23, 94].

Загальна довжина заклепки, необхідна для з'єднання пакета визначається з виразу:

$$L = S + l_3; \quad (2.2)$$

$$l_3 \approx 1.3d, \quad (2.3)$$

де S - сумарна товщина пакета, який склепується деталей; L_3 - припуск на замикаючу головку; d - діаметр заклепки.

Збільшення довжини заклепки проти оптимальної, викликає вигин стержня при формуванні замикає головки. При укороченою довжині заклепки формуються замикають головки меншого розміру, що призводить до зменшення довговічності роботи з'єднання.

Зроблена спроба врахувати внесок клейового матеріалу в міцність клеєклепаного з'єднання, однак автори обмежилися лише констатацією факту, що цей внесок є і зробили припущення, що він буде збільшуватися в міру збільшення міцності використовуваних клейових матеріалів [36, 42, 76, 94, 105]. Ймовірно, з цієї причини основна увага автори робіт [105] приділяли епоксидним клеїв, які є одними з найбільш міцних.

Традиційно, при виборі клею для клеєклепаного з'єднання, міцність оцінювалася експериментальними методами шляхом порівняння клепаних і клеєклепаних з'єднань при різних статичних і динамічних умовах. Так в роботах [94, 105] наводяться дані по величині руйнівного навантаження клепаних і клеєклепаних з'єднань для алюмінієвого сплаву марки АМг6 (табл. 2.2), виконаних на клеї ЕПК-1. Даний клей також відноситься до класу епоксидних матеріалів.

Таблиця 2.2 - Руйнівна напруга на зріз для клепаних і клеєклепаних сполук різної товщини

| товщини склепуваної деталей, мм | Тип з'єднання | |
|------------------------------------|---------------|--------------|
| | клепані | клеєклепаное |
| 1 + 1 | 255 | 530 |
| 1,5 + 1,5 | 380 | 680 |
| 2 + 1 | 510 | 760 |
| 1 + 2 | 260 | 520 |

Як видно з наведених даних, міцність клеєклепаних з'єднань для всіх зразків вище, ніж клепаних. Ще більший ефект від використання клеїв досягається в тому випадку, якщо оцінювати довговічність при динамічних навантаженнях, в тому числі і при знакозмінних.

Істотно більшу увагу в технічній літературі приділено питанням розрахунку клейових з'єднань.

Таблиця 2.3 - Модулі пружності клеїв, певні для двох різних типів з'єднань [67]

| Марка клею | Тип зразка | |
|------------|-----------------------|-------------------|
| | брусок | клейове з'єднання |
| | Модуль пружності, МПа | |
| ЦМК-3 | 1650 | 980 |
| ВК-27 | 2370 | 1200 |

У міру вдосконалення розрахункових моделей дані рівняння уточнювалися і доповнювалися [35, 92, 100-102]. Так в роботі [101-102] запропоновані рівняння для визначення максимальних значень напруг в клейовому шві з урахуванням характеристик граничних шарів. Автором зроблено абсолютно обґрунтоване припущення про те, що властивості на кордоні клей-метал істотно відрізняються від властивостей клею всередині клейового шва і тому виділив цей шар в самостійний елемент розрахункової схеми, надавши йому товщину h_4 і власне значення модуля зсуву G_4 . Справедливість такого підходу відзначена також у роботі [13], однак в ній не вказується, яким чином визначити точне значення товщини цих граничних шарів і як знайти для них величину модуля. Власне саме ці проблеми і стали основними,

В роботі [92] також запропоновано ряд аналітичних моделей, що

дозволяють оцінити величину максимальних напружень та їх розподіл по довжині клейового шва, однак вони отримані для композиційних матеріалів і не можуть бути використані для клейових з'єднань. Дуже великий вплив на величину максимальних напружень в клейовому шві надають залишкові напруги. Авторами роботи [15] показано, що за своєю абсолютною величиною цей показник може бути порівняємо з величиною адгезійної міцності і чим його величина буде більше, тим в результаті буде менше міцність і довговічність даного клейового з'єднання.

Одним з найбільш поширених типів клеємеханічних з'єднань є клеєрезьбові з'єднання, які детально розглянуті в роботах Ароновича Д.А. [11, 94].

В даний час полімерні композиційні матеріали отримали широке розповсюдження і для них розроблено безліч розрахункових методів, в тому числі і аналітичних моделей. Дуже багато деталей з композитів мають в своєму складі металеві елементи, наприклад, фланці трубопроводів. Автори роботи [78] привели безліч прикладів таких металокомпозитних конструкцій, в яких металевий фланець пріформован до склопластику. Такі деталі можна умовно розглядати як клеємеханічні, оскільки в них є всі типові елементи: клейовий шов, металева деталь і деталь з композиту. Питання розрахунку і моделювання напружено деформованого стану таких деталей детально розглянуті в працях Васильєва В.В. Думанського А.М., Сарбаєва Б.С., Смердова А.А. і ін. [63, 90, 96],

Таким чином, в науковій літературі дуже мало уваги приділено методикам розрахунку клеємеханічних з'єднань і практично відсутні роботи по методикам оцінки напружено-деформованого стану клеєклепаних з'єднань.

2.2. Аналіз руйнування клепаних і клеєклепаних з'єднань в процесі експлуатації

В даний час, незважаючи на постійне вдосконалення методів оцінки

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

якості матеріалів (конструкцій) і наявність великих наукових досягнень в розумінні фізики процесів руйнування, актуальність завдань аналізу процесів руйнування клепааних і клеєклепааних з'єднань зростає. Це пов'язано не тільки з величезною номенклатурою існуючих (і розроблюваних) автомобільних кузовів, а й з постійним збільшенням навантажень, з підвищенням вимог з безпеки і з впровадженням нових матеріалів і технологій складання автомобільних кузовів.

Відмінною особливістю руйнування клепааних і клеєклепааних з'єднань автомобільних кузовів є різноманіття ситуацій, в яких відбувається їх експлуатація. Це істотно ускладнює створення адекватних математичних моделей, які б враховували все різноманіття реальних факторів і механізмів їх впливу. Таким чином, багатофакторність процесів руйнування є основною причиною, по якій в даний час відсутні стандартні підходи при описі механізмів руйнування клепааних і клеєклепааних з'єднань автомобільних кузовів.

Багато в чому, саме відсутність єдиної теорії руйнування і призвело до розвитку описових теорій, які дозволяють враховувати окремі деталі, але не дають моделі кінетики об'єкта в цілому. Існуючий математичний апарат дозволяє описати зміну окремих показників якості клепааних і клеєклепааних з'єднань автомобільних кузовів, наприклад, зміна в процесі експлуатації характеристик міцності, довговічності, корозійної стійкості і т.д.

Для забезпечення необхідної якості при експлуатації автомобільних кузовів до них пред'являється безліч вимог. До числа основних з них відносяться: міцність, довговічність, жорсткість, герметичність, протикорозійний стійкість, відсутність порожнин в яких можливе скупчення вологи (бруду) і ін.

Стійкість автомобільних кузовів до впливу експлуатаційних факторів досліджується найчастіше по відношенню якогось одного з них, води, антигололедних реагентів, міцність при статичних і динамічних

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

навантаженнях і т.д. Це пов'язано з тим, що для кожного з цих факторів існують свої стандартизовані методи випробувань.

Проблема оцінки стійкості автомобільних кузовів до тривалого впливу хімічних реагентів, що використовуються в якості антиобледенітельних матеріалів, на протязі вже багатьох десятиліть гостро стоїть перед розробниками автомобільної техніки, оскільки протикорозійний стійкість відноситься до числа найважливіших показників якості автомобільних кузовів. За оцінками фахівців по фарбуванню автомобільних кузовів [1, 34, 68], вони приходять в непридатність швидше, ніж двигун, підвіска і багато інших агрегати автомобіля, хоча кузов становить близько 50% від його вартості. Так після 3 років експлуатації площа вогнищ корозії становить понад 150 см² і чим вище термін експлуатації автомобіля, тим більше площа корозії. Автори роботи [68] вважають, що якщо прийняти площа корозійних пошкоджень за перші 3 роки експлуатації за 100%, то на 4-ий рік вони вже складуть 138%, на 6-ий - 150%, на 8-ий - 175% і т.д. [68]. Проблема антикорозійного захисту автомобільних кузовів з кожним роком стає все більш актуальною, оскільки конструктори прагнуть знизити товщину листових матеріалів, що дозволяє знижувати масу автомобіля, але це істотно знижує жорсткість кузова і для її забезпечення на заданому рівні ускладнюється конструкція кузова. Ускладнення конструкції кузова автомобіля відбувається за рахунок підвищення ребер жорсткості, збільшення кількості порожнин і все це сприяє підвищенню швидкості виникнення вогнищ корозії. що дозволяє знижувати масу автомобіля, але це істотно знижує жорсткість кузова і для її забезпечення на заданому рівні ускладнюється конструкція кузова. Ускладнення конструкції кузова автомобіля відбувається за рахунок підвищення ребер жорсткості, збільшення кількості порожнин і все це сприяє підвищенню швидкості виникнення вогнищ корозії. що дозволяє знижувати масу автомобіля, але це істотно знижує жорсткість кузова і для

| | | | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 33 |
| Змн. | Арк. | № док.ум. | Підпис | Дата | | |

її забезпечення на заданому рівні ускладнюється конструкція кузова. Ускладнення конструкції кузова автомобіля відбувається за рахунок підвищення ребер жорсткості, збільшення кількості порожнин і все це сприяє підвищенню швидкості виникнення вогнищ корозії.

Для клепаных і клеєклепаных з'єднань автомобільних кузовів до числа небезпечних експлуатаційних факторів також відносяться всі матеріали, використовувані в якості антиобледенітельних реагентів. Вони проникають в стики і щілини, їх дуже складно видалити при використанні стандартних способів очищення автомобільних кузовів і в результаті корозія в таких з'єднаннях розвивається значно швидше, ніж на відкритих ділянках кузова автомобіля.

Вивченню механізмів руйнування в результаті корозійного пошкодження в технічній літературі приділяється багато уваги. Основоположниками теорії корозійних процесів є Розельфельд І.Л., Акімов Г.В., Томашов Н.Д. і ін. Велика розмаїтість механізмів протікання корозійних процесів і, відповідно, механізмів руйнування, пов'язане з дуже великою різноманітністю конструкцій автомобільних кузовів, асортиментом використовуваних матеріалів і технологій складання. Розвиток процесів руйнування залежить від фізико-хімічної взаємодії всіх компонентів клеєклепаного з'єднання, до яких відносяться: заклепка, склеплені деталі, клейовий матеріал і ступінь його адгезійного взаємодії з заклепкою і деталями. При поганому приляганні замикає і заставної головок заклепки до поверхонь склепаних деталей має місце швидка втрата міцності з'єднання в процесі його експлуатації. За оцінками авторів робіт [105] ці зміни характерні при використанні жорстких клеїв високої міцності, але з низькими деформаційними властивостями.

Вода руйнує міжфазну межу клейового з'єднання, що призводить до різкого падіння його міцності. У роботах Фрейдіна А.С. і його учнів показано, що вода надає різко негативний вплив на всі показники якості

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

клеєвого з'єднання. Зниження міцності в результаті впливу води також призводить до зміни характеру руйнування, який стає адгезійним. Вода також може адсорбуватися безпосередньо самим клеєвим матеріалом, що може привести до істотної втрати його міцності і в цьому випадку характер руйнування буде когезійним (по клею). Серед конструкційних клеєвих матеріалів, використовуваних при складанні металевих конструкцій, найбільшою водостійкістю мають епоксидні клеї для яких відомо, що зниження міцності при витримці склеєних зразків в холодній воді протягом 30 діб не перевищує 15% [103].

Довговічність клеєвих з'єднань в процесі експлуатації залежить не тільки від властивостей клею і матеріалів, що з'єднуються, але і в істотному ступені визначається прикордонним шаром, який також називають міжфазним. Більшість характеристик межфазного шару (його геометричні розміри, твердість, пористість і т.д.) експериментально дуже складно визначати і саме з цієї причини настільки широкого поширення набули структурні методи дослідження поверхонь руйнування. Як правило, такі дослідження проводять на стандартних зразках, які використовуються для оцінки міцності.

Не менш важливими, ніж водостійкість, є показники жорсткості кузовних конструкцій. Контактна жорсткість клеєклепаних і клеєклепаних з'єднань (в тому числі стиків) в значній мірі визначає довговічність автомобільних кузовів і її величина також в дуже істотному ступені залежить від швидкості розвитку корозії.

Ще одним дуже важливим експлуатаційним показником є герметичність. Більшість дослідників вважають, що найважливішою перевагою клеєклепаних з'єднань є автоматичне забезпечення їх герметичності. Однак це справедливо лише в тому випадку якщо проводити порівняння між Заклепувальний і клеєклепаним сполуками, оскільки між стінками отвору і стрижнем заклепки є зазори у заклепувального з'єднання

| | | | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 35 |
| Змн. | Арк. | № док.ум. | Підпис | Дата | | |

(і відсутні у клеєклепаного). В процесі експлуатації в результаті навіть незначного випинання склепаних листів величини цих зазорів будуть збільшуватися, що і призводить до порушення герметичності клепасти конструкції. Автори робіт [105] вважають, що навіть при використанні клеєклепаної технології із застосуванням традиційних клеїв має місце нерівномірний обтиснення стрижня заклепки, що призводить до створення нерівномірного тиску на клей в процесі його затвердіння. В результаті міцність клейового матеріалу безпосередньо поблизу стрижня буде вище, ніж

в клейовому шві між двома заклепками і саме ця ділянка буде мати зниженою міцністю. Чим нижче міцність у таких клеїв, тим вище ймовірність утворення тріщин і тим нижче герметичність з'єднання.

Клейові та клеєклепані з'єднання кузовних деталей істотно відрізняються від стандартних (зварних) і в зв'язку з цим до них пред'являються додаткові вимоги, наприклад, щодо технологічності і контактної жорсткості.

Кузов автомобіля грає велику роль в забезпеченні пасивної безпеки, оскільки приймає на себе основну міць удару при аварії. Характер руйнування таких з'єднань визначається декількома групами факторів: особливості конструкції, об'ємом і характером пошкоджень.

До числа типових пошкоджень автомобільних кузовів, поряд із зносом, вм'ятинами, корозією і порушенням цілісності металу, також відноситься порушення якості нероз'ємних з'єднань. Основними типами нероз'ємних з'єднань сучасних автомобільних кузовів є клейові, заклепочні і клеєклепані. Для них, як правило, характерний комплексний характер пошкоджень, при якому впливає сума різних факторів, що призводить до виникнення корозії, втрати герметичності, зниження жорсткості і ін.

В результаті такого комплексного впливу різних експлуатаційних факторів має місце синергетичний ефект зниження довговічності

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

автомобільних кузовів. Однак, якщо при використанні полімерних матеріалів для аналізу особливостей накопичення пошкоджень (в тому числі і з позицій синергетики) широке розповсюдження отримали методи імітаційного моделювання, то для оцінки довговічності клепааних і клеєклепааних з'єднань автомобільних кузовів вони практично не застосовуються.

Механізм впливу експлуатаційних факторів на якість клепааних і клеєклепааних з'єднань різний. Наприклад, втрата герметичності клеєклепаного з'єднання, може відбуватися в результаті низької адгезійної міцності використовуваного клейового матеріалу, що призводить до адгезійною характеру руйнування.

Саме завдяки дослідженню структури, автори робіт [13, 79] змогли встановити різноманіття мікромеханізм руйнування на підставі яких зроблені припущення про послідовність протікання на макро- і мікрорівнях окремих фактів руйнування, які в свою чергу виникають в результаті утворення субмікротріщини.

Відмінності в характері руйнування клепааних і клеєклепааних з'єднань дозволили встановити найважливіші переваги клеїв, використання яких призводить до вирівнювання напружень по перерізу. Таким чином, відбувається зниження максимальних напружень, які з області заклепки розподіляються по всій довжині клейового шва. В результаті такі сполуки характеризуються значно більшою втомної міцністю. Ідентифікацію характеру втомного пошкодження також прийнято проводити на підставі результатів аналізу характеру руйнування. При таких випробуваннях як модельні зразків використовують елементи кузовних конструкцій, які можуть містити не тільки безліч клепааних точок, а й ребра жорсткості. Наявність в зразках безлічі заклепок дозволяє визначити ослаблені перетину, які, як правило,

Якщо в процесі складання заклепувального з'єднання мало місце

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 37 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

поява несоосности між замикає і заставної головками, то в такому поєднанні виникають залишкові напруги. У роботах Фрейдіна А.С. [103] показано, що чим більше величина залишкових напруг, тим нижче міцність. Залишкові напруги частково можуть бути компенсовані за рахунок релаксаційних властивостей клеїв, однак цих питань в літературі приділено мало уваги.

Відмінною особливістю клепаных і клеєклепаных з'єднань є істотний вплив технологічних факторів, пов'язаних з особливостями їх виготовлення. До числа таких факторів належать високі температури (при гарячій клепки), великі пластичні деформації, що відбуваються в процесі опаді заклепки і великі ударні навантаження. Всі ці фактори в сумі приводять до технологічної спадковості, завдяки якій клепані з'єднання в процесі експлуатації автомобільних кузовів мають схильність до утворення тріщин. Наявність або відсутність таких тріщин визначається за результатами аналізу характеру руйнування.

Вимоги по технологічності, як правило, легко виконуються тільки при проведенні ремонту таких елементів кузова, як двері, багажник і ін. Знімні вузли, в тому числі деталі оперення. Однак якщо ремонту підлягає корпус кузова або якісь його окремі деталі (стать, дах, боковини), то в цьому випадку вимоги технологічності, особливо при використанні стандартної клеєклепаной технології складання з використанням високоміцних епоксидних клеїв не виконуються. Це призводить до суттєвого підвищення вартості ремонтних робіт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

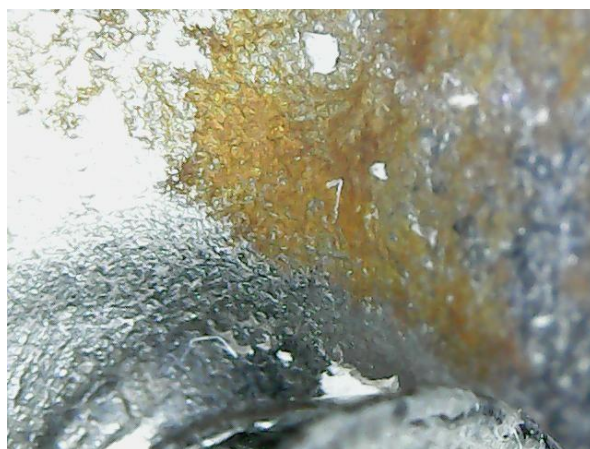
Розділ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЛЕЄКЛЕПАНИХ З'ЄДНАНЬ

3.1. Обґрунтування доцільності використання клею в клепаках з'єднань при ремонті автомобільних кузовів

При оцінці якості клеєклепаного з'єднання досліджувалася структура матеріалу безпосередньо в місці установки заклепок. Такий метод оцінки дозволяв оцінити видимі дефекти з'єднання. Для проведення дослідження використовувався оптичний мікроскоп Optics Lab2, що дозволило відмовитися від тривалої операції з виготовлення шліфів і не вимагало тривалих тимчасових витрат на проведення випробувань. Для порівняння, в роботі було проведено структурний аналіз стандартного заклепувального з'єднання, виготовленого без використання клею безпосередньо відразу ж після виготовлення (рис. 3.1, а) і після 6 місяців його зберігання в умовах цеху (рис. 3.1, б). На наведених фото (див. Рис. 3.1, б) видно, що після зберігання заклепувального з'єднання в звичайних умовах, навколо заклепки має місце утворення іржі. Аналогічні дослідження проводили на клеї-розплаві марки Теплак-2П (рис. 3.2). Поверхня зразків перед нанесенням клею спеціально не готуються, тобто не проводилося додаткового знежирення або зашкурювання.



а)



б)

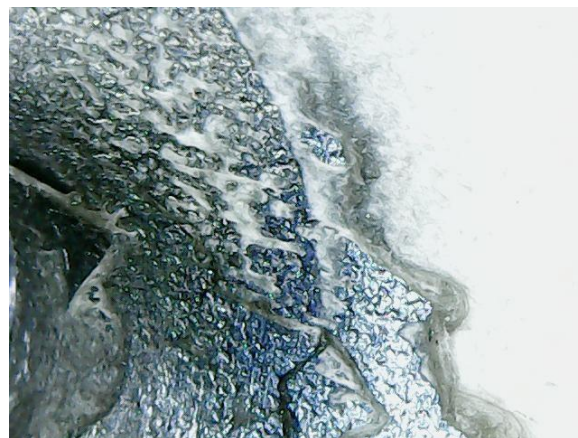
Рисунок 3.1 - Фото поверхні заклепки (а) і околозаклепочной зони

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 39 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

(б) безпосередньо після клепки (а) і через 6 місяців (б)



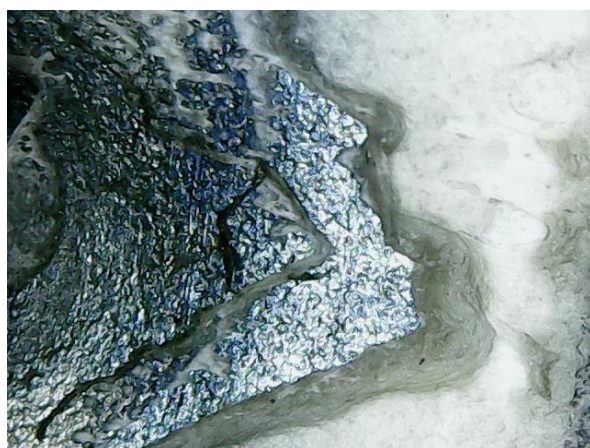
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.2 - Фото різних ділянок поверхні заклепки, встановлених на клей марки Теплак-2П безпосередньо після клепки (а, б), через 9 (в) і 12 (г) місяців після клепки

Ніякого додаткового тиску при нанесенні клеїв не прикладалися, що дозволило наблизити технологію виготовлення дослідних зразків до реальних виробничих умов.

В результаті проведених досліджень встановлено, що іржа не утворюється навіть через 12 місяців після виготовлення клеєклепаного з'єднання. Однак, на отриманих фото добре помітні перші ознаки деструкції клейового матеріалу (див. Рис. 3.2, в), у вигляді невеликих відшарувань

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

клею від поверхні заклепки. Такий тип пошкодження, ймовірно, пов'язаний з низькою адгезійною міцністю. В результаті нещільного прилягання клею з плином часу можливе утворення іржі. Таким чином, необхідні додаткові дослідження, які дозволили б обґрунтувати раціональний вибір клейового матеріалу для виготовлення клеєклепаних з'єднань.

3.2. Обґрунтування вибору клею для клеєклепаної технології складання автомобільних кузовів в умовах авторемонтного виробництва

Проведений аналіз літератури показав, що традиційно для клеєклепаної технології використовувалися термореактивні клеї на основі епоксидних смол і затверджувачів, які забезпечували клею низьку в'язкість при кімнатній температурі і швидке затвердіння при підвищених температурах [15, 23, 64, 71]. Однак, при такій технології складання повністю виключалася подальша розбирання з'єднання, оскільки для цього був потрібний тривалий нагрів до температури понад 250°C протягом декількох годин і значні механічні зусилля.

Заміна епоксидних клеїв на менш міцні, але більш технологічні клеї-розплави дозволяє вирішити задачу ремонтпридатності клеєклепаного з'єднання. Однак необхідно провести порівняльну оцінку експлуатаційних характеристик клеїв, які традиційно застосовуються в клеєклепаних з'єднаннях і нових матеріалів, пропонує в цій роботі. Як зразки для проведення випробувань були використані три марки вітчизняних клеїв-розплавів Летек, Теплак-2П, МС-1, які раніше при виготовленні клеєклепаних з'єднань ніколи не використовувалися. Як аналог були також використані дві марки вітчизняних епоксидних клеїв, які традиційно застосовують при створенні клеємеханічних з'єднань в авіаційній промисловості марок ВК-9 і К-300. Величина когезійної міцності клеїв

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

оцінювалася за величиною руйнівного напруження при розтягуванні, а величина адгезійної міцності - визначалася шляхом випробувань клейових з'єднань із сталі 30ХГСА на зрушення. Випробування на розтягнення і зрушення проводили при кімнатній температурі. Деформаційні характеристики клеїв оцінювалися за величиною відносного подовження, яке визначали на лопатках, товщиною 2 мм, а також за величиною ударної міцності, яке оцінювали при випробуваннях на копрі.

Як впливає з отриманих даних, за своєю когезионної і адгезійної міцності клеї-розплави в кілька разів поступаються епоксидним клеїв, проте за своїми деформаційних характеристиках вони істотно перевершують (табл. 3.1).

Як аналог в роботі також були використані два імпортованих клею марок Betamate-2096 і Justant-РАК. Клей марки Betamate-2096 відноситься до групи термореактивних клеїв на основі епоксидного олігомеру, широко використовується при ремонті автомобільних кузовів і за своїми властивостями близький до клею ВК-9. Клей марки Justant-РАК відноситься до класу клеїв-розплавів і широко використовується при виробництві побутової техніки, проте його хімічний склад є комерційною таємницею виробника і він використаний лише для порівняльного аналізу властивостей вітчизняних та імпортованих матеріалів. Когезійна міцність клею Justant-РАК склала 65МПа, що в кілька разів перевищує міцність використовуваних вітчизняних клеїв-розплавів.

Для такого показника, як межа міцності при зсуві була проведена статистична обробка отриманих результатів. Вибір саме цього показника був пов'язаний з відносною простотою виготовлення зразків і близькими умовами роботи клеєклепаних з'єднань при експлуатації автомобілів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.1 - Властивості вітчизняних клеїв

| властивості | Летек | МС-1 | Теплак -2П | ВК-9 | К-300 |
|---|-----------------|------|---------------|------------------|------------------|
| кількість компонентів | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| температура плавлення, ° С | 110 | 180 | 140 | – | – |
| температура затвердіння, оС | – | – | – | 20 | 2 0 |
| діапазон робочих температур, ° С | -40 ... + 95 | | | -60 ... + 125 | -60 ... + 300 |
| Межа міцності при розтягуванні, МПа | 11 | 25 | 9 | 115 | 1 4 8 |
| Межа міцності при зсуві, МПа при 20 С | 3,2 | 4,24 | 2,5 | 15 | 1 1 |
| відносне подовження,% | 44 | 48 | 60 | <1 | < 1 |

Для склеювання використовувалися стандартні металеві пластини зі сталі 0,8кп, які склеювали в стандартному пристосуванні [76], площа клейового шва становила 3 см². Статистична обробка проводилася тільки для 2-х марок клеїв Теплак-2П і МС-1 (вибір саме цих матеріалів для проведення статистичної обробки пояснюється їх доброю технологічністю). Для кожного типу клею було виготовлено по 25 зразків і далі визначені значення межі міцності σ , середнькватратических відхилень (табл. 3.2).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.2 - Міцність клейових з'єднань на сталі 0,8кп при зсуві

| № зразка | Клей Теплак-2П | | | Клей МС-1 | | |
|----------|------------------------------------|--------------------|-------|------------------------------------|--------------------|-------|
| | $\tau_1, \text{с} \notin \diamond$ | $\tau_{\text{ср}}$ | S | $\tau_1, \text{с} \notin \diamond$ | $\tau_{\text{ср}}$ | S |
| 1 | 2,2 | 2,512 | 0,457 | 3,5 | 4,24 | 0,257 |
| 2 | 2,6 | | | 3,2 | | |
| 3 | 1,4 | | | 3,1 | | |
| 4 | 1,6 | | | 4,5 | | |
| 5 | 4 | | | 3,8 | | |
| 6 | 3,8 | | | 4,7 | | |
| 7 | 2,5 | | | 5,1 | | |
| 8 | 1,7 | | | 5 | | |
| 9 | 2,3 | | | 4,4 | | |
| 10 | 2,3 | | | 4,9 | | |
| 11 | 3,6 | | | 4,7 | | |
| 12 | 2,6 | | | 4,4 | | |
| 13 | 1,8 | | | 4,6 | | |
| 14 | 2,9 | | | 4,2 | | |
| 15 | 2,7 | | | 4,1 | | |
| 16 | 2,50 | | | 3,6 | | |
| 17 | 1,8 | | | 4,6 | | |
| 18 | 1,7 | | | 4,4 | | |
| 19 | 2,5 | | | 4,2 | | |
| 20 | 2,9 | | | 4 | | |
| 21 | 3,5 | | | 4,5 | | |
| 22 | 2,9 | | | 3,9 | | |
| 23 | 2,2 | | | 4,4 | | |
| 24 | 2,1 | | | 4,1 | | |
| 25 | 2,7 | | | 4,2 | | |

Величину середнє відхилення визначали за рівнянням

[85]

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{25} (\tau_i - \tau_{cp})^2}{25}} \quad (3.1)$$

Дані табл.3.2 використані в якості робочої таблиці для отримання варіаційного ряду, який представляв собою все значення межі міцності (для кожного клею), розташовані в порядку зростання. Для клею Теплак-2П маємо наступний варіаційний ряд: 1,4; 1,6; 1,7; 1,7; 1,8; 1,8; 2,1; 2,2; 2,2; 2,3; 2,3; 2,5; 2,5; 2,5; 2,6; 2,6; 2,7; 2,7; 2,9; 2,9; 2,9; 3,5; 3,6; 3,8; 4. Аналогічним чином знаходимо варіаційний ряд для клею МС-1.

Для зручності побудови гістограм згрупуємо отриманий варіаційний ряд за значеннями. Для цього дані табл. 3.2 були розбиті на 6 інтервалів (для клею МС-1) і на 7 інтервалів (для клею Теплак-2П). Вибір інтервалів визначався діапазоном значень таким чином, то б все інтервали були рівні між собою. Можна використовувати більш дрібну розбивку, в цьому випадку кількість інтервалів збільшиться і будуть побудовані гістограми з більш дрібними ступенями.

Для кожного інтервалу визначена частота, яка дорівнювала числу значень, що потрапили в цей інтервал (табл. 3.3 і 3.4).

За отриманим варіаційному ряду будуюмо гістограми розподілу (рис. 3.3). По осі абсцис відкладаємо значення міцності, для клею марки Теплак-2П починаючи з 1,4 до 4,0 МПа, а по осі ординат проставляем масштаб частот (рис. 3.3, а). Для клею МС-1 також знаходимо варіаційний ряд і по осі абсцис відкладаємо значення міцності, починаючи з 3,1 і закінчуючи 5,1 МПа (рис. 3.3, б). Вважаємо, що всередині кожного інтервалу частоти розподілені рівномірно і тому між собою з'єднуємо інтервали прямими лініями.

Замість гістограм можна побудувати полігон розподілу, який також

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

дозволяє отримати наочне відображення варіаційного ряду.

Таблиця 3.3 - Обробка результатів табл. 3.2 для клею Теплак-2П

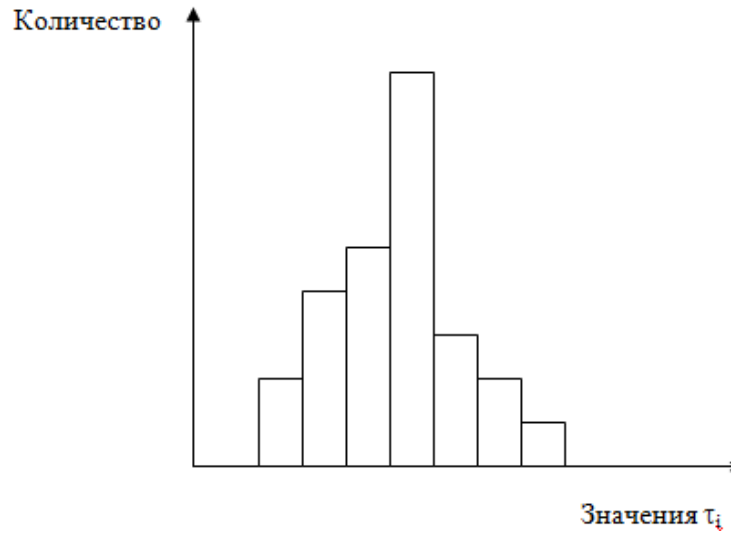
| Кількість інтервалів | Значення меж міцності для кожного інтервалу | частота |
|----------------------|---|---------|
| 1 | 1,4 - 1,6 | 2 |
| 2 | 1,7 - 2,0 | 4 |
| 3 | 2,1 - 2,4 | 5 |
| 4 | 2,5 - 2,8 | 8 |
| 5 | 2,9 - 3,2 | 3 |
| 6 | 3,3 - 3,6 | 2 |
| 7 | 3,7 - 4,0 | 1 |

Таблиця 3.4 - Обробка результатів табл. 3.2 для клею МС-1

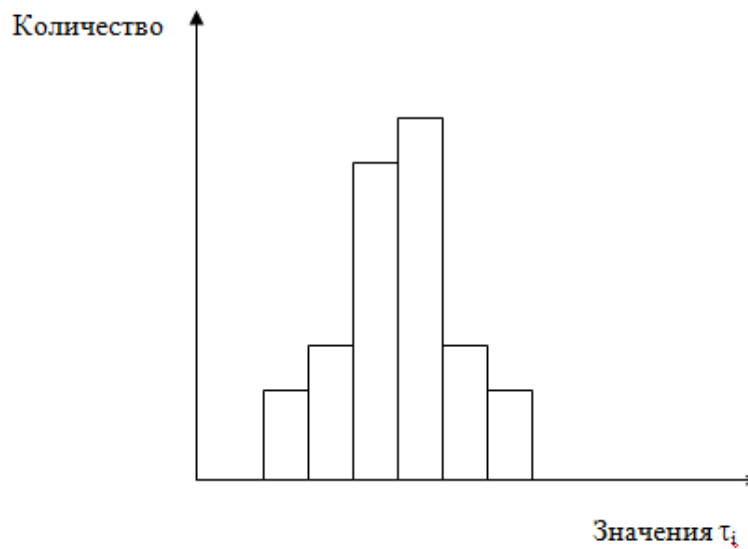
| Кількість інтервалів | Значення меж міцності для кожного інтервалу | частота |
|----------------------|---|---------|
| 1 | 3,1 - 3,4 | 2 |
| 2 | 3,5 - 3,8 | 3 |
| 3 | 3,9 - 4,2 | 7 |
| 4 | 4,3 - 4,6 | 8 |
| 5 | 4,7 - 5,0 | 3 |
| 6 | 5,1 - 5,4 | 2 |

З отриманих результатів випливає, що розкид даних не великий, оскільки величини середньоквадратичного відхилення для клею Теплак-2П і МС-1 склали 18 і 6% відповідно від середньої міцності. Величина середньоквадратичного відхилення для клею МС-1 в 3 рази менше, ніж для клею Теплак-2П, що дозволяє при інших рівних умовах віддати саме цього

клею перевагу. Цей клейовий матеріал дозволяє отримувати клейові з'єднання з більшою міцністю.



а)



б)

Рисунок 3.3 - Гістограми розподілу значень міцності для клеїв марок Теплак-2П (а) і МС-1 (б)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

Експлуатаційні властивості клейових з'єднань оцінювалися по їх стійкості в різних робочих середовищах. В якості таких робочих середовищ були обрані: вода, 5% водний розчин NaCl (аналог Антігололедними реагенти) і машинне масло. Витримка проводилася при кімнатній температурі протягом 60 днів. Стійкість оцінювалася за величиною коефіцієнта збереження властивостей (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 - Значення коефіцієнтів збереження властивостей

| марки клеїв | Після витримки в воді | Після витримки в 5% водному розчині NaCl | Після витримки в маслі |
|---------------|-----------------------|--|------------------------|
| Летек | 0,85 | 0,82 | 0,93 |
| Теплак-2П | 0,9 | 0,87 | 1 |
| МС-1 | 0,91 | 0,9 | 0,95 |
| ВК-9 | 0,95 | 0,93 | 1 |
| К-300 | 0,98 | 0,96 | 1 |
| Betamate-2096 | 1 | 1 | 1 |
| Justant-РАК | 0,85 | 0,81 | 0,93 |

Дані, наведені в табл. 3.5 були отримані шляхом проведення повного факторного експерименту. Для клею марки МС-1 була побудована матриця планування 2² для двох факторів: тривалість витримки в воді (X1) і температура (X2). В якості основного рівня для фактора X1 обраний термін витримки 45 днів, інтервал варіювання $\Delta X1 = 15$. У цьому випадку значення верхнього та нижнього рівнів будуть рівні 30 і 60 днів відповідно. В якості основного рівня для фактора X2 вибираємо температуру 40 °С, інтервал

варіювання $\Delta X1 = 20$. Значення верхнього і нижнього рівнів будуть рівні 20 і 60 відповідно. Матриця планування експерименту для цих двох чинників і отримані експериментальні результати наведені в табл. 3.6. Для кожного досвіду були проведені по п'ять вимірів і знайдено середнє значення.

Таблиця 3.6 - Матриця планування експерименту

| № досвіду | X1 | X2 | Yi | Y _{ср} |
|--|----|----|-------------------------|-----------------|
| Загальна форма запису матриці планування | | | | |
| 1 | + | + | | |
| 2 | + | - | | |
| 3 | - | + | | |
| 4 | - | - | | |
| Реалізація матриці планування експерименту | | | | |
| 1 | 60 | 60 | 3,0; 3,5; 2,3; 2,4; 2,7 | 2,78 |
| 2 | 60 | 20 | 4,4; 4,8; 4,2; 3,9; 4,3 | 4,32 |
| 3 | 30 | 60 | 3,1; 3,3; 2,8; 2,4; 2,6 | 2,84 |
| 4 | 30 | 20 | 4,7; 4,9; 3,6; 4,1; 4,4 | 4,34 |

Як видно з отриманих експериментальних даних, всі досліджувані клейові матеріали характеризуються високою стійкістю до тривалого впливу машинного масла, води і 5% водного розчину NaCl. У порівнянні з епоксидними клеями, клеї-розплави кілька втрачають свої властивості, але ці втрати не перевищують 10%.

Для дослідження пружних характеристик клеїв-розплавів (модулів пружності E' і втрат E'') використовували метод динамомеханіческого аналізу. Всі випробування проводили на приладі DMA 242 E Artemis в діапазоні температур від + 20°C до + 100°C при режимах відповідно до рекомендацій, викладених

в роботах [5, 9, 67]: частота коливань 1 Гц, амплітуда 50 мк, динамічна сила 10

Н, статична сила 0,5 Н, швидкість підйому температури 1 К / хв. У порівнянні з прийнятими для полімерів режимами нагріву [59, 67] швидкість підйому температури була знижена з 3-5 К / хв до 1 К / хв, що дозволяло проводити випробування в більш рівноважних умовах і порівняти між собою модулі всіх досліджуваних марок клеїв (і термопластичних і термореактивних).

Зразки для випробувань представляли собою бруски, розміром 150x10x10 мм. У початковому стані всі досліджені клеї-розплави являли собою гранули, які засипали в форму, далі в термошкафу їх розплавляли при температурах плавлення, значення яких для кожного клею приведено в табл.

3.1. Після повного розплавлення зразки разом з формою виймали з термошафи і охолоджували при кімнатній температурі. Після повного охолодження зразків проводили їх механічну обробку (фрезерування і зашкурівання), що дозволило отримати зразки одного розміру. Результати випробувань клейових матеріалів методом динамомеханічного аналізу (ДМА) в початковому стані і після витримки у воді протягом 100 діб, наведені в табл. 3.7 [10, 20, 43].

При підвищенні температури до + 50°C значення модулів пружності для клеїв-розплавів склало від 2540 МПа (для клею марки Летек) до 4200 МПа і 4240 МПа для клеїв-розплавів марок Теплак-2П і МС-1 відповідно.

Як видно з отриманих даних, модулі пружності клеїв-розплавів марок Теплак-2П і МС-1 близькі між собою і приблизно на 32% вище, ніж у епоксидного клею, який традиційно використовується при клеєклепаній технології.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.7 - Результати випробувань клейових матеріалів методом динамомеханічного аналізу (ДМА)

| властивості | Марки клеїв-розплавів | | | |
|--|-----------------------|------------|------|---------------|
| | Летек | Теплакс-2П | МС-1 | Betamate-2096 |
| модуль пружності, МПа, при температурі, °С | | | | |
| +20 | 2830 | 4800 | 4880 | 3250 |
| +50 | 2540 | 4200 | 4240 | 3120 |
| +80 | 1860 | 2400 | 2460 | 3000 |
| +100 | 970 | 480 | 510 | 1910 |
| модуль втрат, МПа, при температурі, °С | | | | |
| +20 | 980 | 2570 | 2600 | 1520 |
| +50 | 1250 | 2810 | 2840 | 1 450 |
| +80 | 2460 | 4120 | 4150 | 2100 |
| +100 | 2970 | 2300 | 2320 | 1300 |
| модуль пружності, МПа, при температурі, °С після витримки у воді протягом 100 діб: | | | | |
| +20 | 2460 | 4660 | 4700 | 3150 |
| +50 | 2350 | 3900 | 3960 | 2900 |
| +80 | 1650 | 2250 | 2300 | 2720 |
| +100 | 900 | 560 | 600 | 2100 |
| модуль втрат, МПа, при температурі, °С після витримки у воді протягом 100 діб: | | | | |
| +20 | 1470 | 2980 | 3020 | 1670 |
| +50 | 1 450 | 3620 | 3670 | 1550 |
| +80 | 3130 | 4440 | 4480 | 2240 |
| +100 | 2540 | 3100 | 3150 | 1800 |

3.3. Експериментальне дослідження міцнісних властивостей клеєклепаних з'єднань з різними типами клеїв

Далі в роботі були проведені механічні випробування клеєклепаних з'єднань. Випробування на зрушення (зріз) проводять на випробувальних машинах згідно ГОСТ 28840-90. Даний ГОСТ дозволяє проводити випробування на зсув і розтяг зразків, а так само вимірювати величину навантаження з гранично допустимої похибкою в районі $\pm 1\%$ від вимірюваного навантаження. Схема зразків для проведення механічних випробувань, загальний вигляд пристрою для випробувань і фото зразків до, в процесі випробувань і після показані на рис. 3.4, 3.5 і 3.6. Як видно з рис. 3.5 (б) на клиновий губці захоплення є ризики з кроком в 1 см, що дозволяють найбільш точно встановлювати зразки в захоплення і максимально виключити зсув осі зразка щодо осі зсуву.

Розміри зразків становили 100x20 мм, що відповідало ГОСТ 6996- 66 (див. Рис. 3.4).

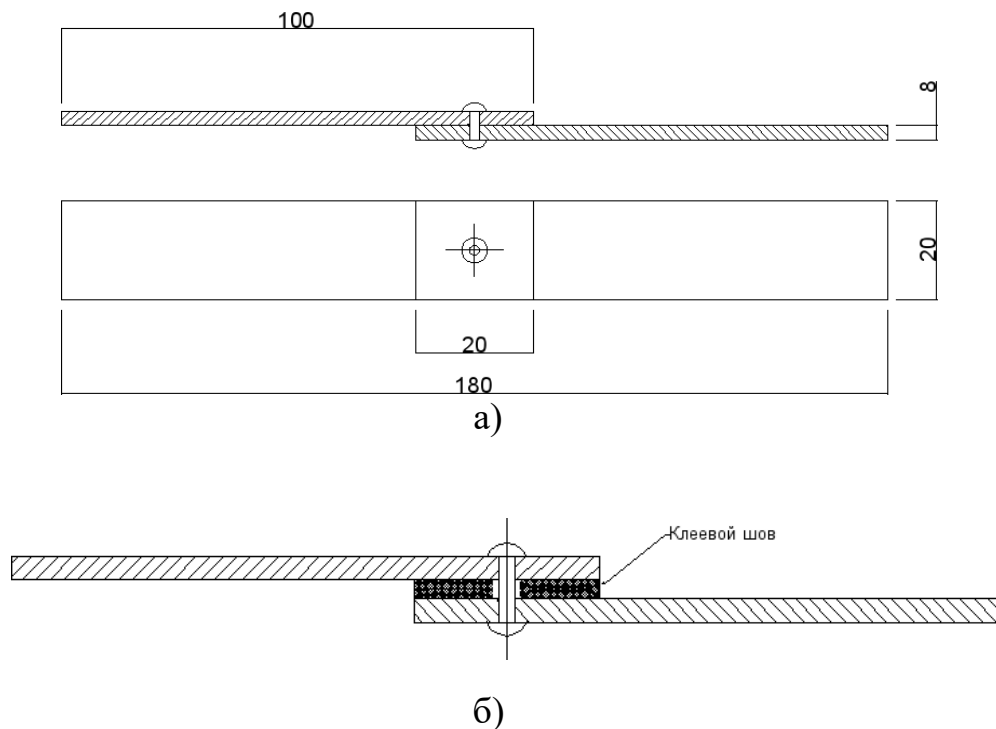


Рисунок 3.4 - Зовнішній вигляд клепаних (а) і клеєклепаних (б) зразків для проведення випробувань

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 52 |

Виготовлення зразків проводилося строго за технічною документацією на клей, зміщення і викривлення, що склеюються площин не допускалися.

Зразки виготовлялися з різними типами клеїв і самопробівними заклепками. Для оцінки впливу якості підготовки поверхні на властивості міцності клеєклепаних з'єднань, при проведенні випробувань кожної марки виготовлялися клеєпанні зразки без попередньої підготовки поверхні і з підготовкою поверхні. Кількість зразків з однією маркою клею складало 4 штуки (по 2 зразка без обробки поверхні під склеювання і по 2 зразки з обробленою поверхнею під склеювання), що додатково дозволило оцінити вплив якості підготовки поверхні на властивості міцності клеєклепаних з'єднань.

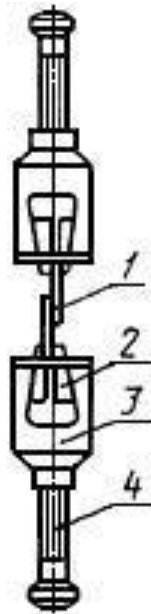
Випробування проводилися згідно з ГОСТ 28840-90 на випробувальній розривній машині Tiratest 2300 з граничною розривною навантаженням в 10 т.

Проведення випробувань проводилося за такою методикою: заздалегідь підготовлений зразок встановлюють у спеціальні затискачі випробувальної машини, при цьому подовжня вісь зразка повинна збігатися з віссю прикладання навантаження і віссю губок, затискають зразок. Суть випробування полягає в поступовому збільшенні навантаження на зразок до повного руйнування з'єднання зразка. Рух затиску машини відбувалося зі швидкістю від 10 до 20 мм / хв. Наявність програмного забезпечення дозволяло фіксувати навантаження в часі, аж до моменту руйнування. Отримані результати наведені в табл. 3.8.

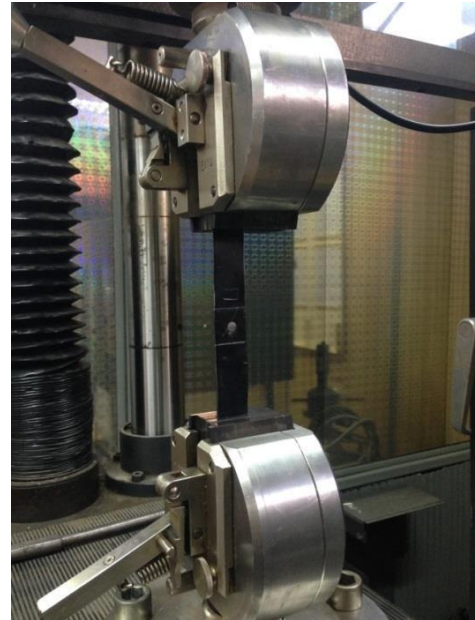
На підставі проведених випробувань можна зробити висновок, що найбільшою міцністю на зсув (зріз) мають з'єднання із застосуванням епоксидних клеїв, в той час як клеї-розплави на даний момент значно поступаються за міцністю. Однак, всі досліджувані клеї-розплави забезпечили збільшення міцності більш ніж на 13% в порівнянні з

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

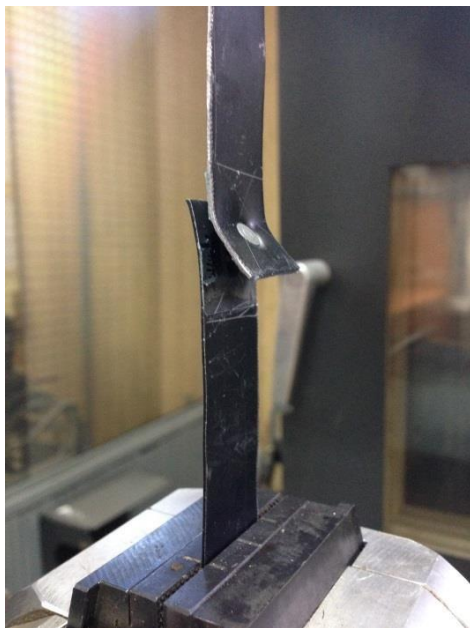
традиційним клепаги з'єднанням. Найменший приріст міцності отримано при використанні клею марки Теплак-2П, найбільший для клею МС-1.



а)



б)



в)



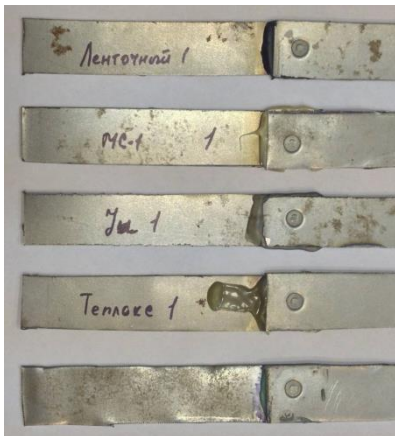
г)

Рисунок 3.5 - Схема (а) і фото закріплення зразків (б) і фото зразків без клею (в) і з клеєм (г) в процесі випробувань: 1 - зразок; 2 - клинова губка; 3 - корпус головки; 4 -тяга

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Таблиця 3.8 - Результати визначення середньої максимального навантаження на зрушення (зріз) для клепааних і клеєклепааних з'єднань з різними марками клеїв

| Технологія нанесення ПМ | Середня тах навантаження на зрушення (зріз), кгс | | | | | |
|-------------------------|--|-------|-------------|------|-------------|---------------|
| | Марка використовуваного клею | | | | | |
| | без клею | Летек | Теплакс -2П | МС-1 | Justant-РАК | Betamate-2096 |
| Без підготовки поверхні | 251 | 320 | 300 | 322 | 320 | 520 |
| З підготовкою поверхні | | 330 | 325 | 330 | 329 | 550 |



а)



б)

Рисунок 3.6 - Форма клеєклепааних зразків до (а) і після (б) проведення випробувань на зрушення

Клей марки Летек при проведенні додаткової технологічної операції, пов'язаної з очищенням склепуваної поверхонь, також дозволив отримати

великі значення міцності, однак в реальному авторемонтному виробництві проводити таку технологічну операцію складно (або навіть неможливо). Таким чином, на підставі проведених досліджень найкращими характеристиками міцності володіє вітчизняний клей-розплав марки Теплак-2П.

Подальша оцінка якості клеїв-розплавів марок Летек, Теплак-2П, МС-1 і Justant-РАК в клеєклепаном з'єднанні використовувалася така ж, як і в розділі 3.1. Спочатку, оцінювалася здатність клею-розплаву в рідкому стані мимовільно розтікатися по поверхні металу. З цією метою клей спочатку розплавляють і потім, за допомогою стандартного термопистолета, його наносили на поверхню металевого зразка. Далі два зразка вручну з'єднувалися між собою і безпосередньо після контакту відразу ж роз'єднувалися. В процесі нанесення оцінювалася суцільність клейового матеріалу, а в процесі роз'єднання пластин - оцінювалася конфікційна липкість клею, яка характеризує здатність клею утримуватися на металевій поверхні безпосередньо в рідкому вигляді, тобто до його застигання. Цей метод є умовним,

В результаті проведених досліджень було встановлено, що клей марки Теплак-2П істотно гірше, ніж клеї марок Justant-РАК, Летек і МС-1 змочує поверхню і має гірші конфікційні властивості. З цієї причини, при проведенні структурних досліджень кількість зразків клеєклепаних з'єднань, виготовлених на клеї Теплак-2П було збільшено в два рази і для цього матеріалу додатково досліджувався вплив температури розплаву на якість розтікання. Зразки, наведені на рис. 3.7 (а, б) виготовляли при нагріванні клею до 120°C , зразки, наведені на рис. 3.7 (в, г) виготовлялися при нагріванні клею до температур 110°C , а зразки на рис.

3.7 (д, е) при температурі 100°C . Підвищення температури вище 120°C не проводилося, оскільки при 130°C починалася термічна деструкція клею, що відразу ж приводило до зміни його кольору.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 56 |

Структура поверхонь заклепок, в з'єднаннях зібраних по клеєклепаной технології з використанням клеїв-розплавів марок Теплак-2П, Justant-РАК, МС-1 і Летек показана на рис. 3.7 і 3.8. На клеї марки Теплак-2П було виготовлено 6 зразків, на клеях марок МС-1, Justant-РАК і Летек по 3 зразка.

Аналіз отриманих структур дозволяє зробити наступні висновки:

1) Клей-розплав марки Теплак-2П погано змочує поверхню металу, оскільки не розтікається повністю і утворює на поверхні різні візерунки (див. Рис. 3.7), тоді як клеї-розплави марок Justant-РАК, МС-1 і Летек повністю змочують поверхню металу, розтікаючись по ній суцільним шаром (див. рис. 3.8).

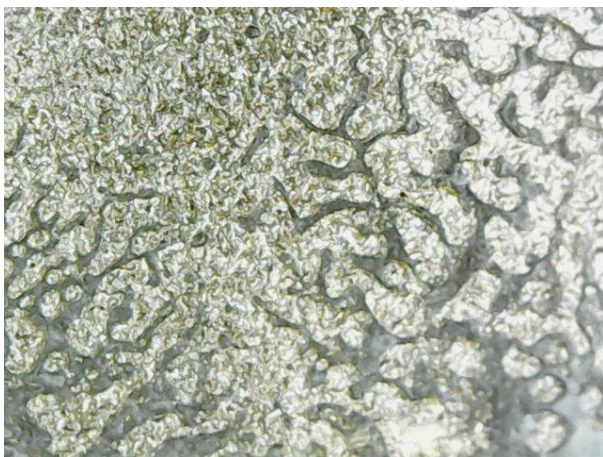
2) Підвищення температури не приводить до поліпшення змочування даного клею, оскільки навіть при підвищенні температури вище температури текучості на 20°C він все одно не розтікається по металевій поверхні суцільним шаром. У той же час, при підвищенні температури знижується (див. Рис. 3.7) товщина клейового шару, що призводить до появи істотно більш дрібного візерунка.

3) Для всіх досліджених клеїв-розплавів між заклепкою і клеєм є повний контакт, що призводить до утворення суцільного клейового пояса навколо заклепки, що спостерігається навіть для погано-змочувального клею (див. Рис. 3.7, в). Найбільш рівний і широкий пояс отриманий при використанні клею марки МС-1 (див. Рис. 3.8 д, е).

4) При застиганні клею-розплаву Теплак-2П (див. Рис. 3.7) не відбувається утворення пір, тоді як при застиганні клею Justant-РАК (див. Рис. 3.8, а, б) і Летек (див. Рис. 3.8, в, г) видно численні пори.

5) При застиганні клею-розплаву марки МС-1 (див. Рис. 3.8, д, е) пори також не утворюються, проте клейовий матеріал застигає на поверхні заклепки нерівним шаром.

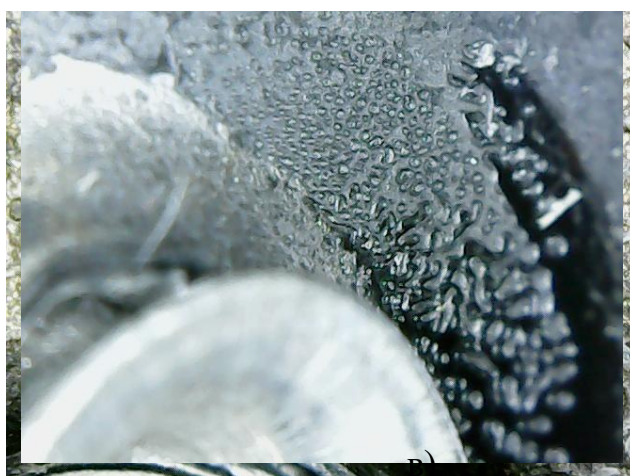
| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 57 |



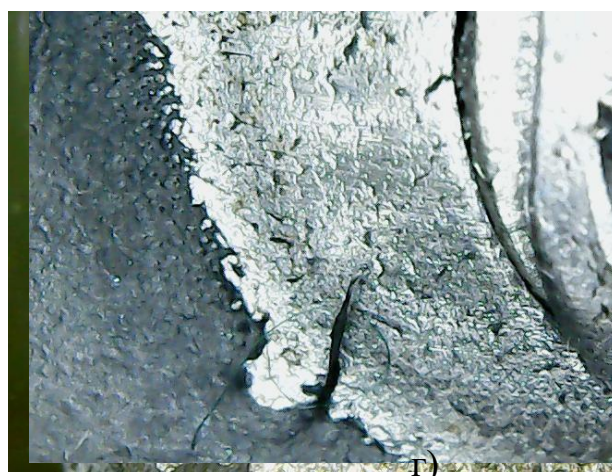
а)



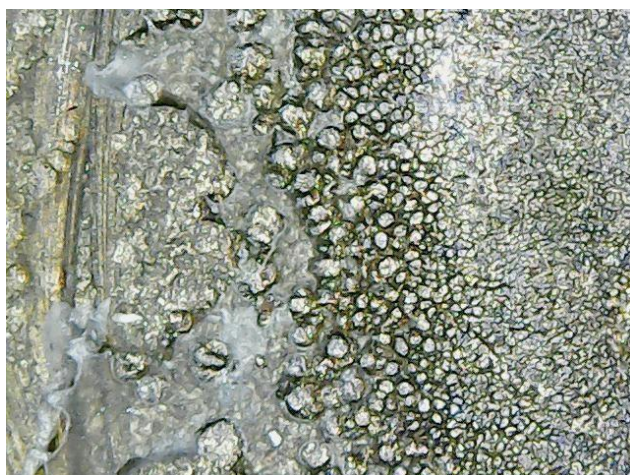
б)



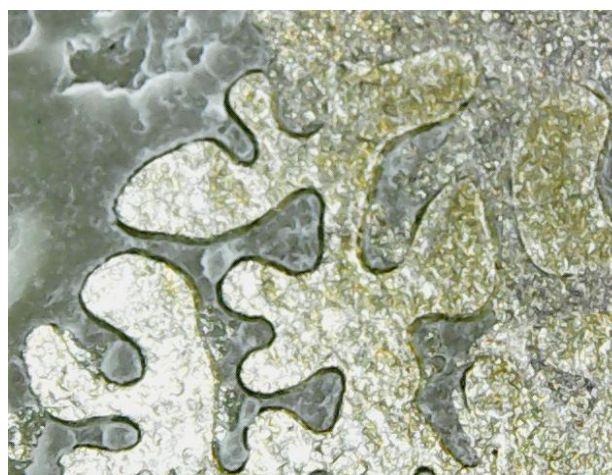
в)



г)

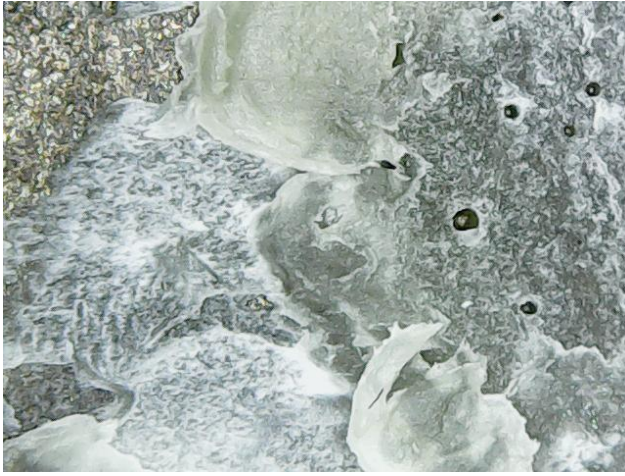


д)



е)

Рисунок 3.7 - Фото поверхні клеєклепаного з'єднання на клеї-розплаві марки Теплак-2П, розплавленого до температури: 120°C (а, б); 110°C (в, г); 100°C (д, е)



а)



б)

в)

г)



д)



е)

Рисунок 3.8 - Фото різних ділянок поверхні клеєклепаного з'єднання на клеях-розплавах марок Justant-РАК (а, б), Летек (в, г) і МС-1 (д, е)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 59 |

Таким чином, за результатами структурних досліджень встановлено, що найменш дефектну структуру мають клеї марок Теплак-2П і МС-1.

3.4. Дослідження ремонтпридатності клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів

Для клеєклепаного з'єднання під терміном ремонтпридатність розуміють можливість швидкого демонтажу та повторного складання з'єднання (з заміною пошкоджених елементів). Незважаючи на те, що характеристика ремонтпридатності є однією з основоположних і входить в поняття надійності, проте, відсутні експериментальні методи її визначення.

У даній роботі ремонтпридатність з'єднань виготовлених з використанням клеїв-розплавів оцінювалася за часом повного видалення клею з поверхні металевого зразка після висвердлювання заклепки. Видалення залишків клею проводили при кімнатній температурі і після нагрівання зразків в термошкафу до температури + 100°С. Для видалення використовували металевий скребок. Всі випробування з видалення клею проводилися на стандартних зразках на зрушення. Отримані результати наведені в табл. 3.9. Фото поверхонь зразків, після видалення з них залишків клею наведені на рис. 3.9.

В результаті проведених досліджень встановлено, що епоксидні клеї, навіть після їх попереднього прогріву сайту не видаляються вручну з металеві поверхні, на відміну від всіх випробуваних клеїв-розплавів. Демонтаж клеєклепаних з'єднань з епоксидним клеєм ускладнюється тим, що через високу міцності клею і відсутності термопластичності, потрібне застосування додаткової силового навантаження і використання додаткових інструментів. Через це значно підвищується трудомісткість роботи по демонтажу. Так само в процесі демонтажу є ймовірність пошкодити поверхню придатного для повторного з'єднання шва. Після видалення

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

термопластичного клею на Justant-РАК (рис. 3.9 а, б) і Летек (рис. 3.9 в, г) на поверхні зразків зафіксовані вогнища корозії, що свідчить про неможливість використання даних матеріалів при ремонті автомобільних кузовів. Після видалення клейових матеріалів марок МС-1 (рис. 3.9 д, е) і Теплак-2П (рис. 3.9 ж, з) спостерігається чиста поверхню.

Таблиця 3.9 - Час повного видалення клейового матеріалу

| марки клеїв | Час повного видалення клею, хв при температурі нагріву металевого зразка ° С | |
|---------------|---|-----------|
| | 20 | 100 |
| Летек | 7 | 0,8 |
| Теплак-2П | 5 | 0,5 |
| МС-1 | 3 | 0,5 |
| ВК-9 | не має | нем ає |
| К-300 | не має | нем ає |
| Betamate-2096 | не має | нем ає |
| Justant-РАК | 8,5 | 1,5 |

Основною перевагою використання клеїв-розплавів при створенні клеєклепаних з'єднань в умовах авторемонтного виробництва є простота демонтажу з'єднання, а також підвищення міцності і характеристик жорсткості конструкцій, що працюють в умовах статичних, динамічних і вібраційних навантажень. Це пояснюється тим, що при експлуатаційному навантаженні, наприклад, статичному трьохточковому вигині, деформування конструкції не супроводжується поворотом силових точок відносно один одного. Демонтаж з'єднання, отриманого з використанням клеїв-розплавів, забезпечується за рахунок того, що при нагріванні термопластичні клеї-розплави переходять в рідкий стан і втрачають липкість.

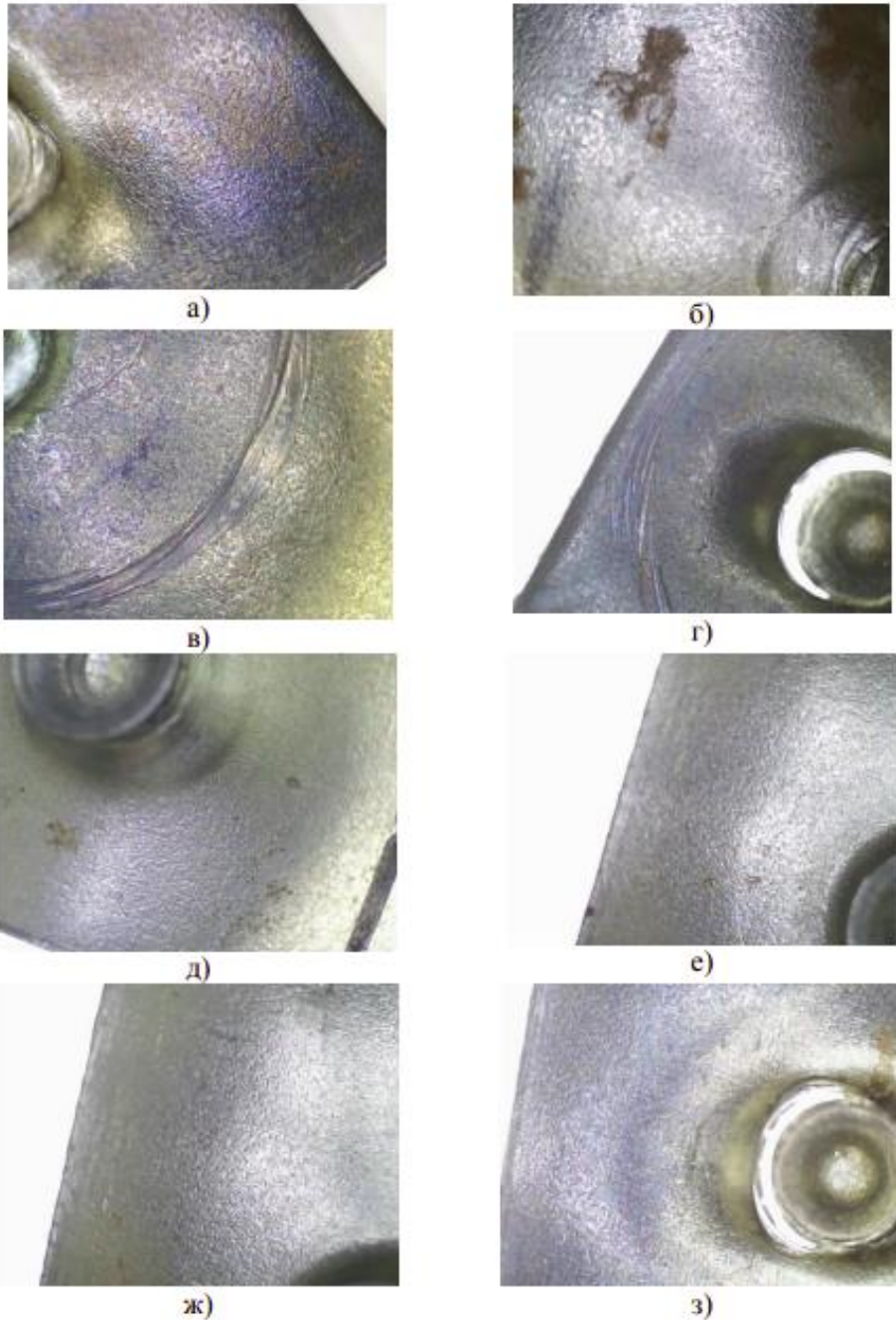


Рисунок 3.9 - Фото різних ділянок поверхні клеєклепаного з'єднання після демонтажу і видалення термопластичного клею-розплаву: Justant-PAK (а, б), Летек (в, г), МС-1 (д, е) і Теплакc-2П (ж, з)

Послідовність дій по демонтажу клеєклепанних з'єднань з клеями-розплавами виглядає наступним чином: для початку шов зачищається від бруду і лакофарбового покриття, якщо таке є;заклепки

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 62 |

висвердлюють; проводиться нагрів шва з використанням будівельного фена до температури плавлення клею-розплаву (від 100 до 200 ° С); при нагріванні клей з твердого стану переходить в вязкотекучее, і склеєні поверхні роз'єднуються без прикладання навантаження. Залишки розплавленого при нагріванні клею видаляються з поверхонь деталей ганчір'ям. В результаті виходить акуратна і чиста поверхня, придатна для повторного склеювання і клепки. також при створенні клеєклепаних з'єднань з використанням епоксидних клеїв необхідно стежити за мікрокліматичними параметрами робочої зони. При високій вологості процес полімеризації клею сповільнюється і може не відбутися до кінця [5]. У той час як клеї-розплави не є чутливими до вологості повітря [10].

Таким чином, можна зробити висновок, що найбільш технологічними при створенні клеєклепаних з'єднань є термопластичні клеї-розплави.

Технологічність використовуваних клеїв оцінювалася за часом, витраченому на проведення кожної технологічної операції. Для зручності порівняння, з усіх використовуваних клеїв-розплавів був обраний тільки один, це клей марки МС-1 (який отримав найкращі результати при проведенні випробувань) та один епоксидний клей марки ВК-9. У процесі роботи з цими клеями проводили постійний хронометраж часу, що витрачається на виконання кожної технологічної операції. Як зразки, для проведення випробувань, використовувалися зразки клеєклепаних з'єднань на зріз (див. Рис. 3.4). Отримані результати наведені в табл. 3.10.

Як видно з отриманих даних, на нанесення клею-розплаву і на видалення його надлишків витрачається більше часу, ніж якщо використовувати епоксидний клей. Це пов'язано з тим, що епоксидний клей в початковому стані являє собою рідину і тому його надлишки легко видаляються з поверхні зібраного з'єднання за допомогою дрантя. При застосуванні клеїв-розплавів, для видалення надлишків, потрібно або

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 63 |

застосувати зусилля, або провести повторний нагрів. У той же час, епоксидний клей необхідно кожен раз (безпосередньо перед використанням) готувати, що вимагає тимчасових витрат, а також потрібен час на прибирання робочого місця після проведення склеювання. Найбільші тимчасові витрати потрібні на операцію затвердіння, яка для епоксидних клеїв може досягати 24 години,

Таблиця 3.10 - Час, витрачений на виконання технологічних операцій з використанням різних типів клейових матеріалів

| № операції | Найменування технологічної операції | Час, хв | |
|------------|---|-------------|----------|
| | | МС-1 | ВК-9 |
| 1 | Підготовка поверхні під склеювання | 1 , 5 | |
| 2 | приготування клею | 0 | 10 |
| 3 | нанесення клею | 1,5 | 0,5 |
| 4 | Установка заклепок в отвір | 0 , 2 | |
| 5 | Стяжка склепуваної деталей і освіту замикає головки | 1 , 2 | |
| 6 | Зняття надлишків клею | 1,5 | 0,5 |
| 7 | отверждение клею | 10 | 1 440 |
| 8 | Прибирання робочого місця | 1 | 10 |

На кожній технологічній операції також визначалася можливість її повторного проведення, пов'язаного з помилкою виконавця. При використанні епоксидних клеїв можна повторно провести операцію затвердіння, для всіх інших технологічних операцій можливість повторного виконання операції допустима. При використанні клеїв-розплавів таких

обмежень немає і якщо необхідно, то будь-яка технологічна операція може бути повторно виконана.

Висновки

1. Встановлено, що наявність клейового шару в клепати з'єднанні дозволяє виключити появи слідів корозії в з'єднуються елементах в процесі експлуатації, але цей ефект досягається тільки при повному дотриманні всіх технологічних режимів нанесення клею.

2. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що стійкість клеїв-розплавів до впливу рідких середовищ нижче на 5-10%, ніж у епоксидних клеїв марок Betamate-2096, що традиційно використовуються при клейових методах ремонту автомобільних кузовів.

3. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що за комплексом фізико-механічних характеристик найкращу стійкість показали клеї-розплави марок МС-1, а клеї марок Летек, Justant-РАК, Теплак-2П показали задовільні результати.

4. Встановлено, що найбільш технологічними при створенні клеєклепаних з'єднань в умовах авторемонтного виробництва є не традиційно використовуються епоксидні клеї, а термопластичні клеї-розплави. Їх технологічність обумовлена наступними факторами: виключення операції тривалого затвердіння, і хороша ремонтпридатність клеєклепаного з'єднання, що дозволяє повторно проводити технологічні операції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 65 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КЛЕПКИ

4.1. Обґрунтування вибору типу заклепок, використовуваних при створенні клеєклепаних з'єднань при складанні автомобільних кузовів в умовах авторемонтного виробництва

При використанні клеєклепаної технології в автомобіле- та машинобудуванні в основному використовуються заклепки двох типів - витяжні (рис. 4.1, а) і пресові (рис. 4.1, б). Пресові заклепки часто називають самопробівними, так як для їх установки не потрібно попередньо свердлити отвори, але вони можуть бути встановлені тільки на рівній поверхні (без виступаючих частин), наприклад в отворах дверей і вітрових стекол. При установці таких заклепок виступає частина утворюється тільки з одного боку, а «шапка» заклепки знаходиться на рівні деталі і при подальшій фарбуванні практично не видно.

Основним недоліком пресових заклепок є необхідність використання спеціального пресового устаткування (рис. 4.2), в той час як для установки витяжних заклепок використовуються традиційні Заклепочники.

Для установки витяжних заклепок необхідно попередньо свердлити отвори. Тому такі заклепки небажано використовувати при складанні великогабаритних деталей з великим числом отворів, у яких велика ймовірність неспівпадання отворів через взаємного переміщення деталей.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 66 |



а)



б)

Рисунок 4.1 - Типи використовуваних при випробуваннях заклепок: а) самопробівніє заклепки, б) витяжні заклепки



Рисунок 4.2 - Фото ручного заклепочника для установки пресових (самопробівних) заклепок

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 67 |

Наступним важливим питанням, є вибір матеріалу заклепок. Матеріал, з якого виготовляються заклепки, повинен мати достатню пластичність для забезпечення формування головки, однаковий діапазон температурного розширення з матеріалом основної деталі, а так же повинен бути однорідним з сполучаються деталями, щоб уникнути виникнення електрохімічної корозії.

Як матеріал для заклепок при виконанні даної роботи були використані леговані сталі феритного класу. Для вивчення структури матеріалу заклепок з них були виготовлені шліфи. Заклепки залили розчином Карбодента, після затвердіння якого проводили шліфування на шліфувальному папері різної зернистості і алмазної пасти. Після шліфування, поверхня оброблялася 4% -им розчином азотної кислоти і далі промивалася в етиловому спирті. Дослідження структури проводили на оптичному мікроскопі Neophot-21, при збільшенні x1000 раз. Отримані фото наведені на рис. 4.3.

Як видно з наведених фото, мікроструктура стержня і корпусу витяжних заклепок різна.

Як матеріал для заклепок використовуються наступні матеріали:

- витяжна заклепка - Сталь 10ю - сталь конструкційна вуглецева якісна.
- пресова заклепка - Ст40Х (гарт + високий відпустку) - сталь конструкційна легована.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 68 |

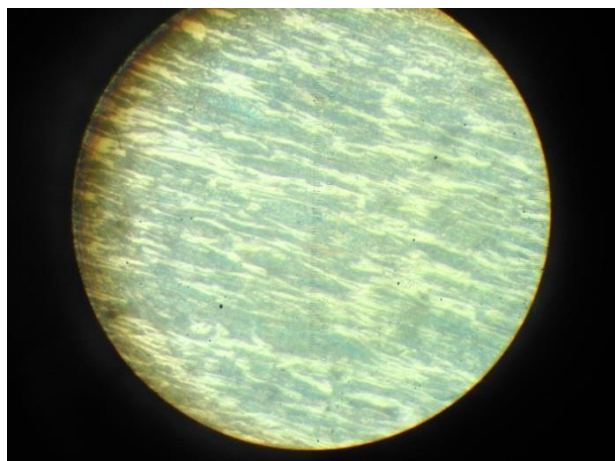


а)

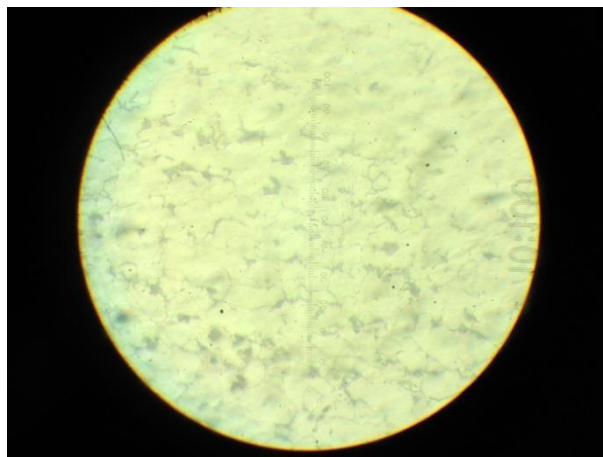


б)

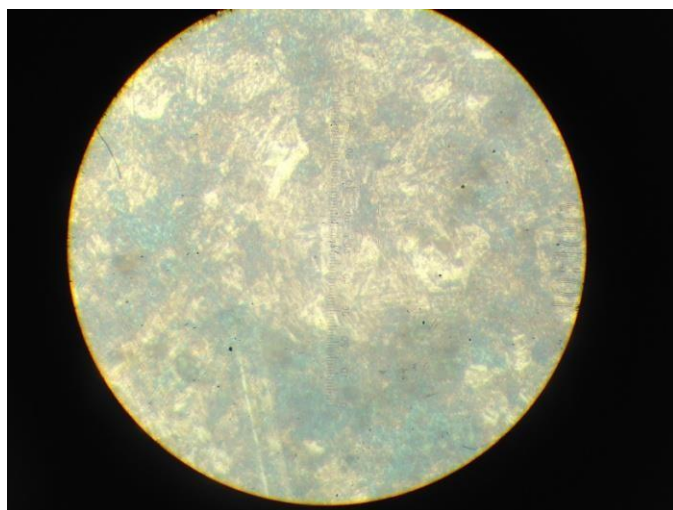
Рисунок 4.3 - Фото шлифов витяжної (а) і самопробівної (б) заклепок



а)



б)



в)

Рисунок 4.4 - Фото структури стрижня (а) і корпусу (б) витяжною і пресовою (в) заклепки. Збільшення x1000 раз

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 69 |

Таким чином, в результаті проведених досліджень не виявлено явних переваг жодного з типів використовуваних заклепок і тому і витяжні і самопробівні заклепки будуть використані в подальшій роботі при створенні і випробуванні клеєклепаних з'єднань.

4.2. Дослідження впливу технологічних факторів на властивості міцності клеєклепаних з'єднань

Аналіз міцності клеєклепаних з'єднань з різними типами заклепок проводився відповідно до ОСТ 1.00872-77. У даній роботі визначалася така характеристика клеєклепаних з'єднань, як максимальне навантаження на зріз (зрушення) з'єднання.

Для випробувань були виготовлені зразки з різними типами заклепок з клеєм і без, згідно ГОСТ 6996-66. Виготовлення зразків з клеєм здійснюється строго по нормативно-технічній документації на клей, згідно з якою зміщення по ширині при склеюванні двох половин зразка не повинно перевищувати 0,5 мм; площину склеювання не повинна мати викривлень або будь-яких інших дефектів. Надлишки клею і клейові патьоки, як правило, видаляються безпосередньо після склеювання і до затвердіння клею. Товщина клейового шва повинна відповідати вимогам нормативно-технічній документації щодо застосування клею. Склеєні зразки витримують до випробування 12 годин при кімнатній температурі 23 ± 1 °С. У даній роботі випробування були проведені на випробувальній розривної машині Tiratest 2300.

Як видно з отриманих даних, міцність клеєклепаних з'єднань дуже незначно вище, ніж міцність клеєкланих. Для витяжної заклепки збільшення міцності за рахунок використання клею склало всього 0,5%, а для самопробівної 20%. Така велика різниця пояснюється великим розкидом даних, що пов'язано з відмінностями в площі склеювання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 70 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 4.1 - Руйнівне навантаження

| Тип заклепки і клепаного з'єднання | Середнє навантаження на розрив, Н |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| без клею | |
| З витяжною заклепкою | 2402 |
| З самопробівної заклепкою | 2462 |
| З клеєм | |
| З витяжною заклепкою і клеєм | 2413 |
| З самопробівної заклепкою і клеєм | 2952 |

Після закінчення випробувань, частини зруйнованих зразків візуально оглядалися і визначався характер пошкодження. Розрізняють три основних види руйнування клейових зразків: по площині склеювання, по клею і безпосередньо руйнування заклепок. Як видно з наведених фото зразків (рис. 4.5, рис. 4.6), має місце адгезійно-когезійний вид руйнування з'єднань, оскільки після зрізу заклепки клейовий шов залишився на двох сполучених поверхнях, хоча товщина клею на них різна. Такий характер руйнування є непрямим підтвердженням високої адгезійної міцності використовуваного клейового матеріалу.

Аналіз фото, наведених на рис. 4.6 дозволяє також зробити висновок про пластичному характері руйнування клейового матеріалу. Про це свідчать не рівні і не гладкі поверхні руйнування клейового матеріалу.



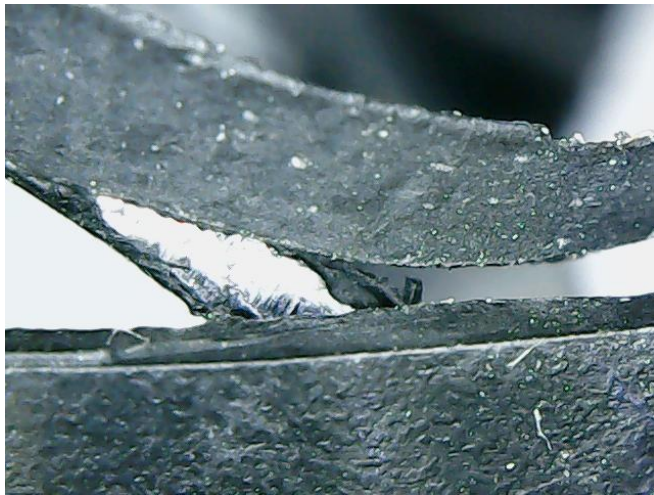
а)

б)

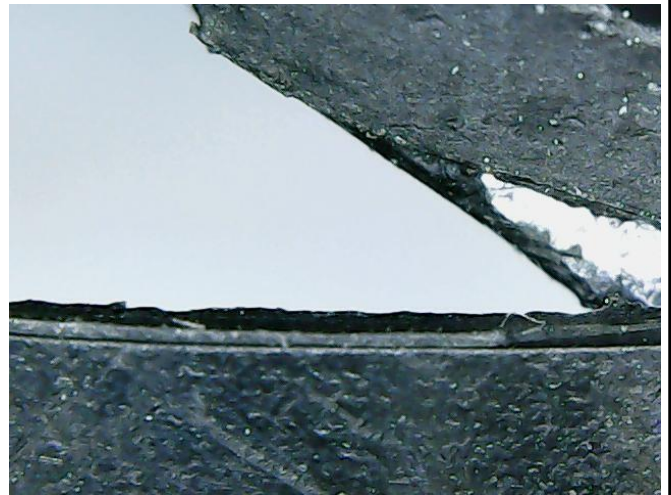
в)

г)

Рисунок 4.5 - Фото поверхні руйнування клеєклепаних з'єднань після випробувань на зрушення: а і б - зразки з самопробівної заклепкою, в і г - з витяжною заклепкою



а)



б)

Рисунок 4.6 - Фото поверхні руйнування клеєклепаних з'єднань після випробувань на зрушення при використанні самопробівної заклепки

Таким чином, на підставі проведених випробувань можна зробити висновок, що найбільшою міцністю на зсув володіють сполуки, виконані з використанням клею і самопробівної заклепки.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МРТАМ 21.16112.000. ПЗ

Арк.

72

4.3. Дослідження міцності клеєклепаних з'єднань після витримки в агресивних середовищах

Стійкість клеєклепаних з'єднань до тривалого впливу агресивних середовищ визначали аналогічно стійкості клейових матеріалів (глава 3.1). Як агресивних середовищ використовували воду, машинне масло і 5% водний розчин NaCl (аналог Антигололеднимі реагенти). Використання в якості агресивного середовища Антигололеднимі реагенти дозволяє прогнозувати поведінку клеєклепаних з'єднань в зимовий період часу.

Витримку клеєклепаних зразків проводили при кімнатній температурі протягом 3 місяців. Стійкість оцінювалася за величиною коефіцієнта збереження властивостей (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Значення коефіцієнтів збереження властивостей

| марки клеїв | Після витримки в воді | Після витримки в маслі | Після витримки в 5% водний розчин NaCl (аналог Антиожеледний реагенту) |
|------------------------|-----------------------|------------------------|--|
| Самопробівная заклепка | | | |
| Летек | 0,85 | 0,93 | 0,95 |
| Теплак-2П | 0,9 | 1 | 0,96 |
| МС-1 | 0,87 | 0,95 | 1 |
| ВК-9 | 0,95 | 1 | 1 |
| К-300 | 0,98 | 1 | 1 |
| Betamate-2096 | 1 | 1 | 1 |
| Justant-РАК | 0,85 | 0,93 | 1 |
| Витяжна заклепка | | | |
| Летек | 0,98 | 1 | 1 |
| Теплак-2П | 0,96 | 0,98 | 0,95 |

| Таблиця 4.2. - Продовження | | | |
|----------------------------|------|------|---|
| МС-1 | 0,96 | 0,97 | 1 |
| ВК-9 | 1 | 1 | 1 |
| К-300 | 1 | 1 | 1 |
| Betamate-2096 | 1 | 1 | 1 |
| Justant-РАК | 1 | 1 | 1 |

Якщо провести порівняння отриманих результатів з аналогічними випробуваннями клейових з'єднань (див. Табл. 3.2), то видно, що міцність клеєклепаних з'єднань ще менше залежить від впливу води та машинного масла, ніж міцність клейових з'єднань.

Висновки

1. Розглянуто два види клеєклепаних з'єднань, виготовлених з використанням самопробівних і витяжних заклепок, визначені їх технологічні властивості і області застосування при ремонті автомобільних кузовів.

2. Встановлено, що при клеєпці з використанням самопробівної заклепки міцність клеєклепаного з'єднання збільшується на 20%, а при клеєпці з витяжною (сліпий заклепкою) міцність збільшується не більше 5%.

3. Встановлено, що клеєклепані з'єднання менш схильні до дії рідких середовищ. Проведені експериментальні дослідження по стійкості клеєклепаних з'єднань до впливу корозійних середовищ показали, що при застосуванні самопробівної заклепки, наприклад на клеї марки Теплак-2П, після витримки в воді міцність знизилася на 15%, після витримки в маслі на 3%. При витяжній клеєпці для цього ж клею після витримки у воді міцність клеєклепаного з'єднання знизилася тільки на 2%, а після витримки в маслі не змінилася.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 74 |

5. РЕМОНТ АВТОМОБІЛЬНИХ КУЗОВІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛЕЄКЛЕПАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

5.1. Розробка технології ремонту автомобільних кузовів із застосуванням клеєклепаної технології

Послідовність технологічного процесу створення клеєклепаних з'єднань в умовах авторемонтного виробництва з використанням клеєв-розплавів складається з наступних основних операцій (рис. 5.1):

- розмітка місць установки заклепок;
- підготовка під склеювання поверхонь підлягають клепанні;
- свердління отворів під заклепки (при використанні витяжних заклепок);
- нанесення клею-розплаву;
- монтаж з'єднання;
- затвердіння клею-розплаву;
- стяжка склепуваної деталей;
- видалення клею-розплаву з отворів під заклепки (при використанні витяжних заклепок);
- клепка;
- механічна обробка, видалення надлишків клею;
- контроль якості.

Розглянемо детальніше особливості основних технологічних операцій технологічного процесу створення клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів.

Розмітка місць установки заклепок здійснюється на підставі розрахункових або регламентованих даних по кроку між заклепками (див. Розділ 2). Розмітку здійснюють з використанням спеціального маркера.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 75 |

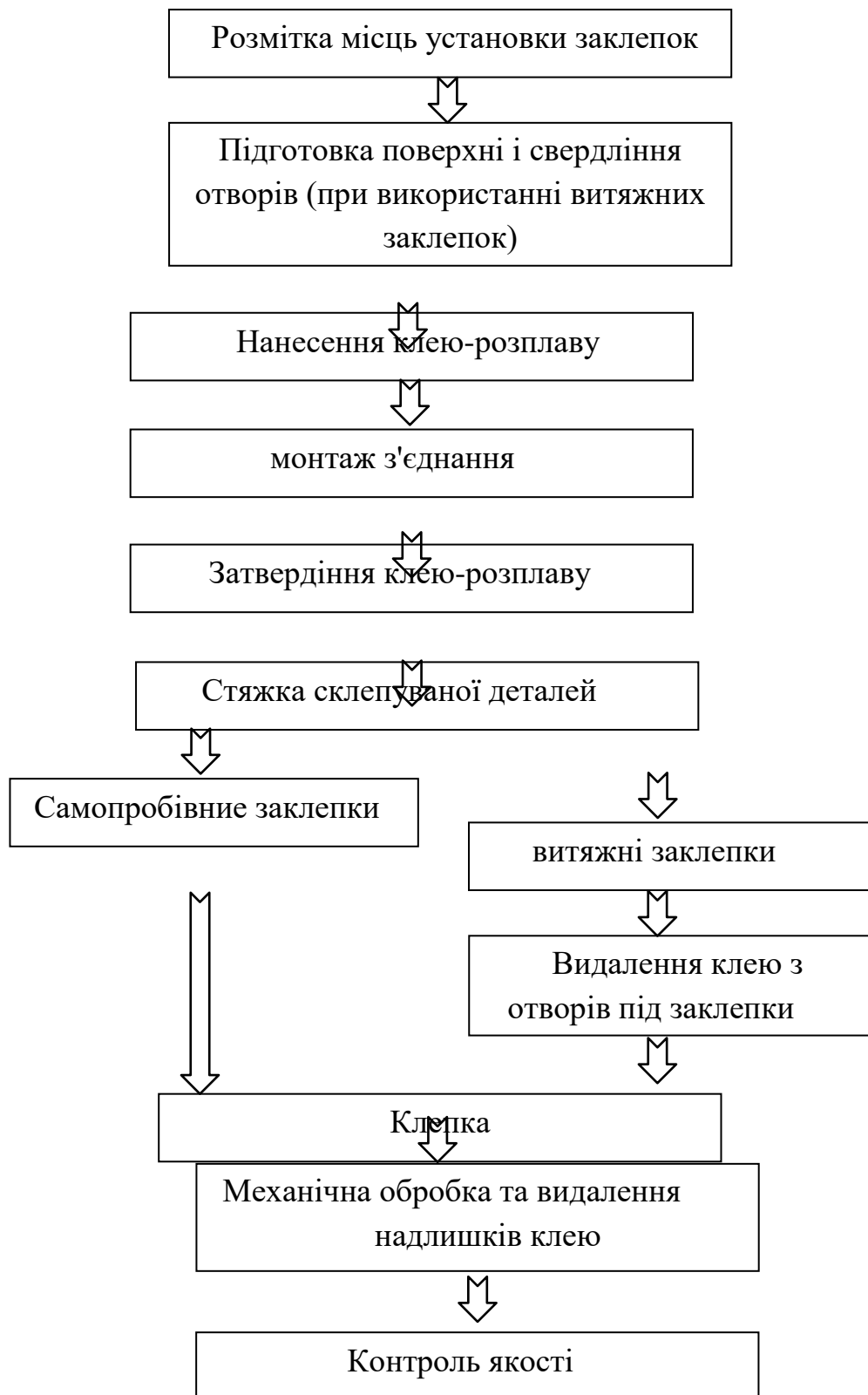


Рисунок 5.1 - Схема технологічного процесу створення клеєклепаних з'єднань з використанням клеїв-розплавів

Поверхні, що підлягають склеюванню і подальшої клепанні, якщо це необхідно, очищають від іржі і бруду до металевого блиску (рис. 5.2). Потім їх знежирюють розчинником або ацетоном.

При використанні витяжних заклепок виконується операція свердління отворів під заклепки. Якщо використовуються самопробівніе заклепки, то виключається операція попереднього свердління отворів. Свердління отворів допустимо виконувати як на початковому етапі (до склеювання поверхонь), так і після затвердіння клею-розплаву (але в цьому випадку висока ймовірність зсуву поверхонь). При свердлінні діаметр отвору повинен бути трохи більшого діаметра, ніж діаметр стержня заклепки. Також необхідно враховувати, що при зменшенні зазору, зменшується можливість до вигину заклепок і поліпшується якість завальцовки. Після закінчення свердління, при можливості, з внутрішньої поверхні отвору необхідно видалити задирки, утворені під час свердління.

Далі на одну з поверхонь, що з'єднуються деталей наносять клей-розплав, товщиною близько 2-5 мм. Клеї-розплави не вимагають приготування. Залежно від технології нанесення, клеї-розплави можуть випускатися у вигляді плівок, порошку, гранул або брусків. Для механізації процесу нанесення клею-розплаву використовують ванни або аплікатори з поступальною подачею (ручні пістолети). Ванни забезпечують плавлення твердого клею в резервуарі і подальшу його подачу з допомогою дозуючого насоса до нагрітого соплу аплікатора.

При нанесенні клею і подальшому монтажі конструкції необхідно контролювати рівномірність товщини клейового шва. Через нерівномірних зазорів між сполучаються поверхнями утворюються непроклеї. Також непроклеї можуть виникати через наявність повітряних включень і пористості клейового шва, які утворюються при порушенні технологічного процесу

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 77 |

склеювання. Крім того, навіть незначне порушення товщини клейового шва в подальшому призведе до відхилення заклепок від заданої осі.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 5.2 - Фото нанесення клею: а - ручний електричний будівельний фен, б - нагрівання поверхні для зчеплення клею з поверхнею при використанні сипучих клеїв, в - склеювання, г - готові з'єднання

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Після нанесення клею-розплаву поверхні з'єднують і витримують до попереднього затвердіння клею-розплаву. Попереднє затвердіння клею-розплаву відбувається при його охолодженні до кімнатної температури і займає 10-15 хвилин в залежності від марки клею-розплаву.

Після попереднього затвердіння клею, деталі стягуються один з одним, що призводить до деформації і ущільнення проміжного шару з клею-розплаву та заповнення їм порожнини (при використанні витяжних заклепок) або зазору між заклепкою і пробитою нею стінкою отворів деталей (при використанні самопробівних заклепок). Далі витримують з'єднання до повного застигання клею-розплаву. Наявність проміжного шару з клею-розплаву між деталями не тільки додатково скріплює їх, підвищуючи міцність з'єднання і герметизує стик, а й додатково фіксує заклепки в деталях, що значно підвищує вібраційну стійкість з'єднання.

Після повного затвердіння клею, з отворів видаляють клейовий матеріал і виконують операцію клепки з використанням самопробівних або витяжних заклепок (рис. 5.3). Власне, технологія клепки широко відома і детально описана багатьма фахівцями [1, 29, 36, 64, 91] і немає необхідності приведення її в даній роботі.

В процесі стяжки і клепки з стиків можливо видавлювання надлишків клейового матеріалу. Після повного затвердіння клею і установки заклепок надлишки клею віддаляються механічним чином. При видаленні надлишків видавленого клею неприпустимий нагрівання поверхні, так як це може призвести до розплавлення клею між заклепками і його витікання.

Заключним етапом технологічного процесу створення клеєклепаних з'єднань є контроль якості клеєклепки. Для контролю якості клеєклепаних з'єднань застосовують такі способи: візуальний огляд; руйнування зразків (технологічна проба) і методи неруйнівного контролю [12-13].

| | | | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 79 |
| Змн. | Арк. | № док.ум. | Підпис | Дата | | |

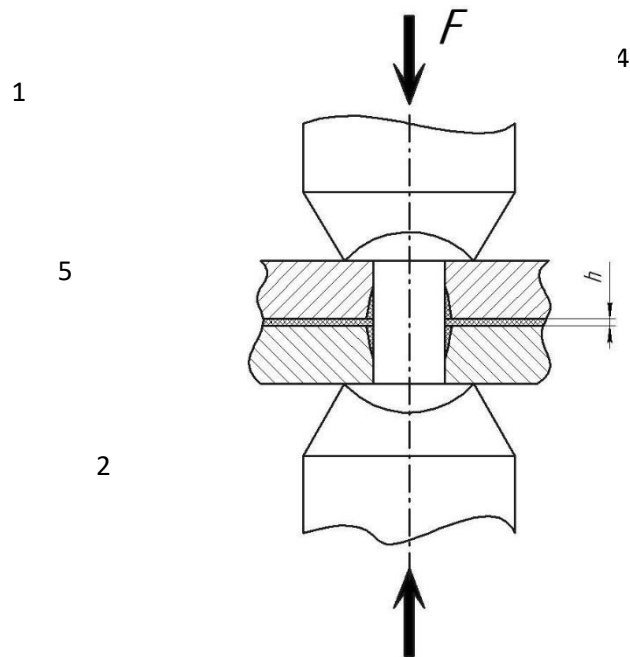


Рисунок 5.3 - Схема отримання клеєклепаного з'єднання: 1, 2 - з'єднуються деталі; 3 - заклепка; 4 - інструмент для установки заклепок; 5 - клейовий шов товщиною h

При візуальному огляді (неозброєним оком або з використанням лупи 2,5 ... 7-кратного збільшення) перевіряють якість клейового шва, розташування заклепок, їх крок, зазори між деталями, відсутність вм'ятин і перекосів.

На даному етапі важливо контролювати відсутність таких дефектів:

- зайве місцеве деформування склепуваної деталей, до яких відноситься прогин поверхонь, що з'єднуються при постановці заклепки, здуття металу під головками заклепок (даний дефект найбільш часто виникає при клепці деталей з листового металу товщиною не менше 5 мм), вм'ятини на з'єднуються деталях і голівках заклепок;

- неповна (мала) замикає головка;
- деформування (вигин) стержня заклепки або його розплющення;
- нещільне прилягання замикає і заставної головок заклепки;
- порушення співвісності замикає і заставної головок заклепки, а також порушення співвісності отворів в деталях (відхилення

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 80 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

заклепок від заданої осі); наявність непроклея або відшаровування клею (низька адгезійна міцність).

Розглянемо основні етапи ремонту автомобільних кузовів з використанням клеєклепаной технології та способи контролю:

1. Підготовка поверхні.

На даному етапі відбувається процес очищення поверхні, що з'єднуються від старого ЛКП, бруду пилу і т.д. Застосовується візуальний контроль. Контролюється відсутність забруднень на поверхні, наявність яких погіршує якість склеювання.

2. Підгонка деталей, що склеюються пакета.

На даному етапі елементи майбутнього з'єднання прикладають один до одного для перевірки правильного положення елементів щодо один одного і витівки отворів під установку заклепок. Отвори проробляються тільки в разі застосування витяжних заклепок, самопробівніе заклепки не вимагають наявності отворів. Застосовується візуальний контроль.

3. Свердління отворів під заклепки.

Застосовується візуальний контроль на відсутність стружки і правильну геометрію отвору. Неправильна геометрія отвори (наприклад внаслідок нахилу осі свердла від осі свердління) може стати причиною утворення дефекту заклепувального з'єднання.

4. Приготування клею.

На етапі приготування клею важливо контролювати подачу компонентів, так як навіть незначне перевищення кількості одного з компонентів над іншим може сильно вплинути на характеристики клею і клейового з'єднання.

5. нанесення клею

Застосовується візуальний контроль на відповідність клею основними параметрами і дотримання методики склеювання. Важливим параметром на даному етапі є життєздатність готового клею. Приладка елементів і

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 81 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

установка заклепок.

На даному етапі відбувається процес отримання заклепувального з'єднання по неотверженому клею. Видавлені надлишки клею слід видалити до висихання, так як після висихання буде потрібно застосування сили і додаткового устаткування, що призведе до збільшення технологічного часу. Застосовується візуальний контроль на відповідність положення елементів (відсутність зрушень), відсутність дефектів при деформації заклепок і наявність клею по всій довжині шва.

6. Отверждение клею.

Проводиться контроль на дотримання режимів затвердіння клею.

Для якісного клеєклепаного з'єднання характерна наявність рівномірного і бездефектного (НЕ пористого) клейового шва між заклепками, розміщення заклепок по одній осі, точне позиціонування заклепки при установці в отвір, співвісність заставної і замикає головок. Аналіз основних причин виникнення дефектів клеєклепаних з'єднань і способів їх запобігання наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Типові дефекти при клеєклепці автомобільних кузовів в умовах авторемонтного виробництва, причини їх виникнення та способи запобігання

| № п / п | Найменування дефекту | Причина виникнення | спосіб запобігання |
|---------|---|--|--|
| 1. | Прогин поверхні деталей, що з'єднуються | Надмірне притиснення деталей; діаметр стержня заклепки більше діаметра отвору (заклепка забивається з додатковим зусиллям) | Контроль зусилля монтажу і відповідності розмірів отворів діаметром стержня заклепки |

Таблиця 5.1. -
Продовження

| № п / п | Найменування дефекту | Причина виникнення | спосіб запобігання |
|---------|---|--|--|
| 2. | Здуття металу під головками заклепок | Клепка проводилася без осаджування деталей натяжкою | Осаджування місць клепки натяжкою |
| 3. | Вм'ятини на з'єднуються деталях і голівках заклепок | Неправильний вибір інструменту; неакуратно робота | Використання спеціальної обтискача |
| 4. | Чи не повна (мала) замикає головка | Неправильний вибір заклепок (довжина стержня заклепки менше розрахункової) | Розрахунок оптимальної довжини стержня заклепки і попередня сортування заклепок по довжині |
| 5. | Деформування (вигин) стержня заклепки | Занадто довгий стрижень або розбіжність осей заклепки і підтримки | Контроль на дотримання геометричних розмірів заклепок згідно з розрахунками |
| 6. | Розплющення стержня заклепки | Нещільне прилягання з'єднуються деталей | Контроль геометричних розмірів і щільного прилягання деталей |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 7. | Нещільне прилягання замикає і заставної головок заклепки | Нещільна посадка головки під час клепки | Контроль якості прилягання головки; зачистка отворів від забруднень і стружки |
| 8. | Неспіввісність замикає і заставної головок заклепки | Зсув деталей до або під час клепки; нахил свердла під час свердління | Візуальний контроль під час свердління; забезпечення нерухомості склепуваної деталей |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 84 |

Таблиця 5.1. -
Продовження

| № п / п | Найменування дефекту | Причина виникнення | спосіб запобігання |
|---------|-------------------------------------|--|--|
| 9. | Відхилення заклепок від заданої осі | Нерівномірна товщина клейового шва; зміщення деталей при склеюванні | Попередня розмітка місць установки заклепок; забезпечення нерухомості з'єднуються поверхонь |
| 10. | Непроклеї | Нерівномірний (збільшений) зазор між сполучаються поверхнями; наявність повітряних включень і пористості клейового шва | Контроль геометричних розмірів і щільного прилягання деталей; контроль товщини і рівномірності клейового шва, дотримання технології склеювання |
| 11. | Низька адгезійна міцність | Наявність на поверхні, яка підлягає склеюванню забруднень; порушення режимів затвердіння клею | Якісна підготовка поверхні, дотримання температурних і тимчасових режимів при нагріванні і охолодженні клею-розплаву |

5.2. Рекомендації щодо застосування технології створення клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів

Для установки самопробівних заклепок при крупно-і среднесерийном авторемонтному виробництві використовуються пресовіє клепальні установки. Особливостями даного інструменту є велика швидкість установки заклепок при роботі на поточних лініях, високоточне позиціонування установки заклепок і, як результат, збільшення якості.

При дрібносерийному і одиничному авторемонтному виробництві, для установки самопробівних заклепок використовуються ручні пневматичні Заклепочники (рис 5.4, рис. 5.5). Особливостями даного інструменту є створення великого зусилля для формування замикає головки заклепки, чого при ручному методі домогтися практично неможливо, висока мобільність використання з можливістю переміщення, що не вимагає постійної стаціонарного закріплення в цеху. Завдяки наявності утримує магніту в насадках, інструмент можна використовувати в різних положеннях не хвилюючись про випаданні заклепки. Головним недоліком є необхідність наявності мобільного повітряного компресора або мережі стисненого повітря.

Для установки витяжних заклепок, при крупно-і среднесерийном авторемонтному виробництві, використовуються великі конвеєрні автоматичні Заклепочники. Особливостями даного інструменту є безперервне отримання клеєклепаних з'єднань в умовах поточного ремонту кузовів. Для даних пристроїв потрібні робітники з високою кваліфікацією, які будуть постійно і дуже точно проводити наладку і коригування даного обладнання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 86 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



а)



б)



в)



г)

Рисунок 5.4 - Фото ручного заклепочника для установки пресових (самопробівних) заклепок: а - загальний вигляд, б - прес, в - повітряний компресор з тиском 550 bar max, г - насадки для пресових заклепок різного діаметру

При дрібносерійному і одиничному авторемонтному виробництві, для установки витяжних заклепок використовуються ручні Заклепочники. Вони можуть бути пневматичними, електричними або ж чисто механічними від зусилля натискання на рукоять. Особливостями даного інструменту є простота використання, мобільність, не потрібно спеціальної кваліфікації при використанні даного обладнання, широка доступність на ринку, мінімальна вартість. В основному при використанні витяжних заклепок при ремонті

| | | | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № док.ум. | Підпис | Дата | | 87 |

автомобільних кузовів використовується акумуляторні витяжні
Заклепочники (рис. 5.5).



Рисунок 5.5 - Фото ручного акумуляторного заклепочника

Особливостями даного інструменту є значне зменшення фізичного навантаження працівника на відміну від механічного ручного заклепочника, автономне виконання клепальних робіт без підключення до електричної мережі або мережі стисненого повітря, висока доступність. Незалежно від інструменту, механізм установки витяжної заклепки полягає в наступному: впираючись в буртик заклепки, вони захоплюють затискними губками її стрижень і, простягаючи головку стрижня крізь тіло заклепки, розширюють його, тим самим формуючи зворотній головку [7, 91].

5.3. Розробка способів демонтажу клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів

Демонтаж клеєклепаних з'єднань виготовлених з використанням традиційних епоксидних клеїв ускладнюється тим, що через високу міцності клею і відсутності термопластичности, потрібне застосування додаткової

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 88 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

силового навантаження і використання додаткових інструментів. Через це значно підвищується трудомісткість роботи по демонтажу. Так само в процесі демонтажу є ймовірність пошкодити сполучаються поверхні.

Демонтаж з'єднання, отриманого з використанням клеїв-розплавів, забезпечується за рахунок того, що при нагріванні термопластичні клеї-розплави переходять в рідкий стан і втрачають липкість [10].

Послідовність дій по демонтажу клеєклепаних з'єднань з клеями-розплавами виглядає наступним чином (рис. 5.6): спочатку шов зачищається від бруду і лакофарбового покриття, якщо таке є. Потім заклепки висвердлюють (як при демонтажі заклепувального з'єднання) і проводиться нагрів шва з використанням будівельного фена до температури плавлення клею-розплаву (від 100 до 200 ° С). При нагріванні клей-розплав з твердого стану переходить у в'язкотекучий, і склеєні поверхні роз'єднуються без прикладання навантаження.

Залишки розплавленого при нагріванні клею видаляються з поверхонь деталей ганчір'ям. В результаті виходить акуратна і чиста поверхня, придатна для повторного склеювання і клепки.

Якщо після демонтажу планується повторна клебка даних елементів, то клей-розплав годі й видалять з поверхонь і клеєклепку проводити з використанням «старого» клею, який при нагріванні знову набуває липкість і здатність до затвердіння.

Аналіз типових дефектів, що виникають при демонтажі клеєклепаних з'єднань, причин їх виникнення та способів запобігання наведено в табл. 5.2.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 89 |

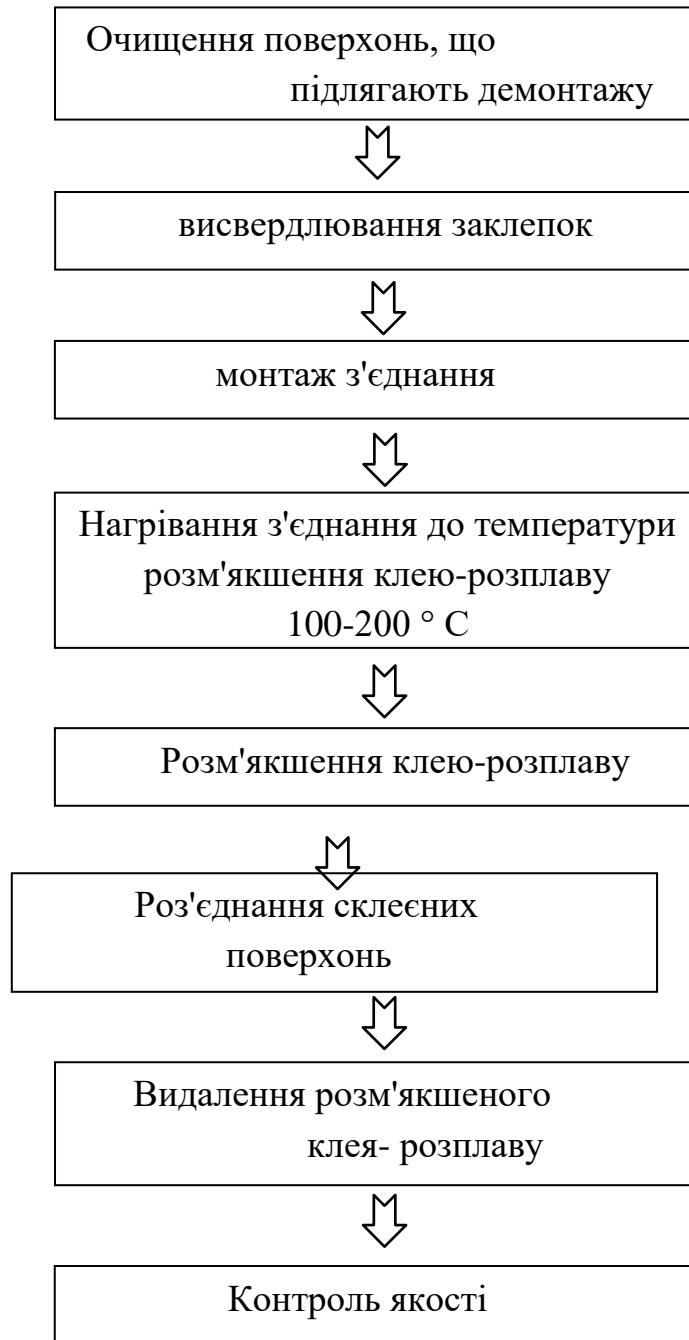


Рисунок 5.6 - Схема технологічного процесу демонтажу клеєклепанних з'єднань, виготовлених з використанням клеїв-розплавів

Таблиця 5.2 - Типові дефекти при демонтажі клеєклепаних з'єднань,
причини їх виникнення та способи запобігання

| № п / п | Найменування дефекту | Причина виникнення | спосіб запобігання |
|---------------|------------------------------|--|---|
| 1. | перекіс заклепки | Діаметр отвору більше необхідного | Необхідно правильно вибирати заклепку по діаметру отвору - заклепка повинна входити в отвір вільно, але не бовтатися. При демонтажі така заклепка витягується косими ударами по стрижня заклепки |
| 2. | Вигин стержня заклепки | Збільшений виліт стержня заклепки | При демонтажі така заклепка вибивається, також можна попередньо вкоротити стержень до необхідної довжини |
| 3. | Неповне видалення клею | Недостатній нагрів з'єднання; тривалий час між операцією нагріву і видалення (клей знову твердне) | Для видалення надлишків клею-розплаву з'єднання необхідно нагріти до температури плавлення клею-розплаву і відразу видалити клейовий матеріал дрантям. При наявності залишків клею можливий повторний нагрів і видалення клею. |

Таким чином, при ремонті автомобільних кузовів на етапі демонтажу
клеєклепаних з'єднань необхідно контролювати відсутність таких дефектів:

- перекіс заклепки, який ускладнює демонтаж;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 91 |

- вигин стержня заклепки (даний дефект найбільш часто виникає при расклепіванієм заклепок з невеликим діаметром стрижня - до 5 мм).

Висновки

1. Розроблено технологічні рекомендації по впровадженню клеєклепаной технології при ремонті автомобільних кузовів залежно від типу авторемонтного виробництва і виду заклепок.

2. Розглянуто способи запобігання типових дефектів при подальшому монтажі склепаних деталей з однієї технологічної операції на іншу, для кожної технологічної операції розроблено режими, які дозволяють звести до мінімуму можливі технологічні дефекти.

3. Розроблено технологічні рекомендації по демонтажу клеєклепаних з'єднань виготовлених з використанням клеїв-розплавів, що забезпечують підвищення ремонтпридатності автомобілів.

4. Проведено порівняльний аналіз вартості та трудомісткості традиційної клеєклепки, клеєклепкі з використанням епоксидного клею і клеєклепкі з використанням клею-розплаву в умовах авторемонтного виробництва. Встановлено, що за вартістю матеріалів технологія з використанням клею-розплаву на 45% дешевше, ніж традиційна технологія клеєклепки і на 78% дешевше, ніж клеєклепка з використанням епоксидного клею. При цьому, трудомісткість виготовлення клеєклепаного з'єднання з використанням клеїв-розплавів на 76% нижче, ніж при використанні традиційних епоксидних матеріалів, а трудомісткість демонтажу при використанні клеїв-розплавів нижче на 73%.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 92 |

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ РОБОТИ

1. В результаті виконаних досліджень розроблені технологічні процеси створення і демонтажу клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів.

2. Встановлено, що найбільш перспективними матеріалами для створення клеєклепаних з'єднань при ремонті автомобільних кузовів є термопластичні клеї-розплави, використання яких дозволяє забезпечити демонтаж клеєклепаних з'єднань.

3. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що стійкість клеїв-розплавів до впливу рідких середовищ нижче на 5-10%, ніж у епоксидних клеїв марок Betamate-2096, що традиційно використовуються при клейових методах ремонту автомобільних кузовів. За комплексом фізико-механічних характеристик найкращу стійкість показали клеї-розплави марок МС-1, а клеї марок Летек, Justant-РАК, Теплак-2П показали задовільні результати.

4. Розглянуто два види клеєклепаних з'єднань, виготовлених з використанням самопробівних і витяжних заклепок, визначені їх технологічні властивості і області застосування. Встановлено, що при клепці з використанням самопробівної заклепки міцність клеєклепаного з'єднання збільшується на 20%, а при клепці з витяжною (сліпий) заклепкою збільшення міцності становить не більше 5%. При використанні самопробівної заклепки і клею марки Теплак-2П, після витримки в воді міцність знизилася на 15%, після витримки в маслі на 3%. При витяжної клепанні для цього ж клею після витримки у воді міцність клеєклепаного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 93 |

з'єднання знизилася тільки на 2%, а після витримки в маслі не змінилася.

5. Розроблено технологічні рекомендації по впровадженню клеєклепаной технології при ремонті автомобільних кузовів залежно від типу виробництва і виду заклепок. Розглянуто способи запобігання типових дефектів при подальшому монтажі склепаних деталей, для кожної технологічної операції розроблено режими, які дозволяють звести до мінімуму можливі технологічні дефекти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобільний довідник / Б.С. Васильєв [и др.]; під заг. ред. В.М. Приходько. - М.: Машинобудування. - 2004. - 704 с.
2. Анопрієнко, А.К. Вибір клейових матеріалів при ремонті дорожніх машин по клеєклепаной технології / А.К. Анопрієнко, Н.І. Баурова // У збірнику: Інтерстроймех-2016. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. НДУ МГСУ. - 2016. - С. 145-148.
3. Анопрієнко, А.К. Вибір заклепок для створення клеєзаклепочних з'єднань при ремонті машин / А.К. Анопрієнко, Н.І. Баурова // Механізація будівництва. - 2015.- №8 (854). - С. 46-47.
4. Анопрієнко, А.К. Заклепувальні з'єднання / А.К. Анопрієнко, Н.І. Баурова // Патент на корисну модель №159784 від 27.01.2016.
5. Анопрієнко, А.К. Клеєклепаная технологія виробництва і ремонту машин з використанням клеїв-розплавів / А.К. Анопрієнко, Н.І. Баурова // Клеї. Граматика. Технології. - 2017. - №1. - С. 26-29.
6. Анопрієнко, А.К. Особливості демонтажу клеєзаклепочних з'єднань виготовлених із застосуванням різних типів клейових матеріалів / А.К. Анопрієнко, Н.І. Баурова // Механізація будівництва. - 2016. - Т.77. -

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 94 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

№7. - С. 24-27.

7. Анопрієнко, А.К. Особливості застосування клеєклепаной технології при складанні та ремонті автомобільних кузовів / А.К. Анопрієнко, Н.І. Баурова // Автотранспортне підприємство. - 2015. - №6. - С. 28-30.

8. Анопрієнко, А.К. Оцінка перспектив застосування термопластичних матеріалів при клеєклепаной технології складання автомобільних кузовів / А.К. Анопрієнко // Автотранспортне підприємство. - 2016. - №2. - С. 38-40.

9. Анопрієнко, А.К. Параметрична взаємозв'язок характеристик технологічних процесів отримання клеєклепочних з'єднань на мікро- і макрорівнях / А.К. Анопрієнко, Н.І. Баурова // Усі матеріали. Енциклопедичний довідник. - 2017. - №3. - С. 14-17.

10. Анопрієнко, А.К. Порівняльний аналіз міцності клеєзаклепочних з'єднань з різними типами заклепок / А.К. Анопрієнко // Усі матеріали. Енциклопедичний довідник. - 2014. - №12. - С. 8-11.

11. Аронович, Д.А. Огляд доповідей науково-технічного семінару «Клеї, герметики, інші матеріали і технології» / Д.А. Аронович // Клеї. Граматика. Технології. - 2016. - №6. - С. 35-38.

12. Багмут, В.П. Оцінка довговічності стали при змінній навантаженості за різними моделями пошкоджуваності / В.П. Багмут, А.Н. Савкін

// Інноваційні технології в навчанні і виробництві: Матеріали ІV всер. конф. - Камишин. - 2006. - Т.1. - С. 29-34.

13. Баженов, С.Л. Полімерні композиційні матеріали: міцність і технологія / С.Л. Баженов, А.А. Берлін, А.А. Кульків, В.Г. Ошмяни. - Долгопрудний: Видавничий Дім «Інтелект». - 2010. - 352 с.

14. Баловне, В.І. Багатоцільові дорожньо-будівельні і технологічні машини / В.І. Баловне. - Омськ-Москва: ВАТ «Омський будинок друку». -

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 95 |

2006. - 320 с.

15. Баурова, Н.І. Діагностування і ремонт машин з застосування полімерних матеріалів / Н.І. Баурова // Монографія. - М .: ТехПоліграфЦентр.

- 2008. - 280 с.

16. Баурова, Н.І. Вивчення структури матеріалів, використовуваних для створення клеезаклепочних з'єднань / Н.І. Баурова, А.К. Анопрієнко // Усі матеріали. Енциклопедичний довідник. - 2013. - №9. - С. 49-51.

17. Баурова, Н.І. Обґрунтування вибору матеріалів, використовуваних при створенні клеєклепочних з'єднань / Н.І. Баурова, А.К. Анопрієнко // Ремонт. Відновлення. Модернізація. - 2014. - №7. - С. 29-32.

18. Баурова, Н.І. Підвищення ефективності ремонту машин за рахунок обґрунтування видів і технологічних методів застосування полімерних матеріалів: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Баурова Наталія Іванівна. - М .. - 2004. - 175 с.

19. Баурова, Н.І. Застосування клеезаклепочних з'єднань при виробництві та ремонті машин / Н.І. Баурова, А.К. Анопрієнко // Автомобіль. Дорога. Інфраструктура. - 2015. - №4 (6). - С. 5.

20. Баурова, Н.І. Ремонт елементів системи охолодження дорожньо-будівельних машин з використанням клеїв-розплавів // Наука і техніка в дорожньої галузі. - 2016. - № 3 (77). - С. 36-38.

21. Башкирцев, Ю.В. Відновлення роботи радіаторів системи охолодження двигунів внутрішнього згорання формотворчим клейовим складом: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Башкирцев Юрій Володимирович. - М. - 2009. - 183 с.

22. Башкирцев, В.І. Клеї і герметики для автомобіля / В.І. Башкирцев, Г.В. Малишева, С.Н. Гладких. - М .: ТОВ «Видавництво АСТ»: ТОВ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 96 |

«Видавництво Астрель». - 2003. - 112с.

23. Белов, В.К. Підвищення втомної довговічності клепаних і зварних з'єднань авіаційних конструкцій технологічними методами: монографія / В.К. Белов, Г.Ф. Рудзите, А.А. Калюта. - Новосибірськ: Изд-во НГТУ. - 2006. - 180 с.

24. Білий, В.А. Полімерні покриття / В.А. Білий, В.А. Довгяло, О.Р. Юркевич. - М.: Наука і техніка. - 1976. - 416 с.

25. Бесков, В.С. Загальна хімічна технологія: навч. посібник для вузів / В.С. Бесков. - М.: ІКЦ «Академкнига». - 2005. - 452 с.

26. Біргер, І.А. Різьбові і фланцеві з'єднання / І.А. Біргер, Г.Б. Іосілевич. - М.: Машинобудування. - 1990. - 365 с.

27. Вакула, В.Л. Фізична хімія адгезії полімерів / В.Л. Вакула, Л.М. Прітикін. - М.: Хімія. - 1984. - 224 с.

28. Васильєв, О.В. Математичне моделювання робочих процесів ДВС: навчальний посібник / А.В. Васильєв, Є. А. Григор'єв. - Волгоград. держ. техн. ун-т. - 2002. - 67 с.

29. Вдовін, Д.С. Розробка методики проектування несучих систем колісних машин, виконаних з використанням зварних точкових і клеєсварних з'єднань: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03, 01.02.06 / Вдовін Денис Сергійович. - М. - 2007. - 153 с.

30. Вдовін, Д.С. Технологічна оптимізація важеля підвіски вантажного автомобіля / Д.С. Вдовін, Г.О. Котієв //Трактори і сільгоспмашини. - 2014. - №3. - С. 20-23.

31. Вільнаї, Ж.Ж. Клейові з'єднання / Ж.Ж. Вільнаї. - М.: Техносфера. - 2005. - 384 с.

32. Відновлення автомобільних деталей полімерними матеріалами / Г.В. Мотовилін., В.К. Брін, Ю.І. Шальман., Ю.А. Заходів. - М.: «Транспорт». - 1974. - 180 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 97 |

33. Гвоздьов, А.А. Технологія підвищення довговічності вузлів тертя при ремонті сільськогосподарської техніки з використанням модифікованих полімерних композицій: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.03 / Гвоздьов Олександр Анатолійович. - М. - 2010. - 377 с.

34. Гельфгата, Д.Б. Міцність автомобільних кузовів. - М.: Машинобудування. - 1972. - 144 с.

35. Горбаткіна, Ю.А. Адгезія дисперсно-наповнених епоксидів до твердих тіл / Ю.А. Горбаткіна, В.Г. Іванова-Мумжієва // Механіка композитних матеріалів. - 2012. - Т.48. - №2. - С.235-248.

36. Горюнов, Ю.В. Застосування клейових і клеезаклепочних з'єднань при ремонті літаків / Ю.В. Горюнов // Клейові технології склеювання. - 1960. - С. 234-240.

37. ГОСТ 27.002-89. Надійність в техніці. Основні поняття. Терміни та визначення. - М.: Ордена «Знак Пошани» Видавництво стандартів, - 1990. - 24 с.

38. ГОСТ 28.001-83. Система технічного обслуговування і ремонту техніки: Основні положення. - М.: Ордена «Знак Пошани» Видавництво стандартів. - 1983. - 4 с.

39. ДСТУ ISO 14588-2005. Заклепки "сліпі". Терміни та визначення. - М.: Стандартиформ. - 2005. - 12 с.

40. Гриб, В.В. Моделювання зміни технічного стану складних механічних систем / В.В. Гриб, Р.В. Жуков, І.М. Петрова //Машинобудування та інженерну освіту. - 2012. -№4 (33). - С. 28-32.

41. Гриб, В.В. Діагностичні моделі зміни технічного стану механічних систем. Ч.2. / В.В. Гриб, Р.В. Жуков, І.М. Петрова, І.А. Буяновський; під заг. ред. В.В. Гриба. □ М.: МАДІ (ГТУ). - 2008. □ 262 с.

42. Григор'єв, В.П. Збірка клепаних агрегатів літаків і вертольотів: навч. посібник для вузів / В.П. Григор'єв. - М.: Машинобудування. - 1975. -

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 98 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

344 с.

43. Гузева, Т.А. Показники якості клеїв-розплавів / Т.А. Гузева, Е.В. Воробйов, Н.В. Лапіна // Усі матеріали. Енциклопедичний довідник. - 2015. - №3. - С. 7-12.

44. Густов, Ю.І. Аналіз залежностей для визначення статичної твердості металевих матеріалів конструкцій і техніки / Ю.І. Густов, Д.Ю. Густов, І.В. Вороніна // механізація будівництва. - 2015. - №3 (849). - С. 38-40.

45. Густов, Ю.І. Вибір матеріалів для будівельних конструкцій і техніки за критерієм зосередженої деформації / Ю.І. Густов, Х. Аллаттуф // У збірнику:Інтерстроймех 2014. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. Самара. - 2014. - С. 12-18.

46. Демидович, Б.П. Чисельні методи аналізу. Наближення функцій, диференціальні та інтегральні рівняння / Б.П. Демидович, І.А. Марон, Е.З. Шувалова., Під ред. Б.П. Демидовича. - М.: Наука. - 1967. - 368 с.

47. Демоніс, І.М. Матеріали ВІАМ в космічній техніці / І.М. Демоніс, А.П. Петрова // Усі матеріали. Енциклопедичний довідник. 2011. - № 6. - С. 2-9.

48. Демьянушко, І.В. Застосування методу дослідження простору параметрів для оптимізації конструкцій / І.В. Демьянушко, Мохамед Ельтантаві Ельмадаві //транспортне будівництво. - 2009.№7. - С. 26-28.

49. Деталі машин: підручник для вузів / Л.А. Андрієнко, Б.А. Байков, М.Н. Захаров, С.А. Поляков, О.А. Ряховский, В.П. Тібанов, М.В. Фомін; під ред. О.А.

50. Рахівського. - 2-е изд., Перераб. М.: Изд-во МГТУ ім. Н.е. Баумана. - 2014. - 472 с.

51. Єдиний тарифно-кваліфікаційний довідник робіт і професій робітників. Випуск 2 Частина 1, затв. Постановою Мінпраці РФ від 15.11.1999. N 45.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 99 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

52. Зорін, В.А. Безпека дорожньо-будівельних машин і обладнання: підручник / В.А. Зорін, В.А. Даугелло. - М.: МАДІ. - 2013. - 192 с.

53. Зорін, В.А. Основи працездатності технічних систем: навч. Посібник для вузів / В.А. Зорін. - М.: ТОВ «Магістр-прес». - 2005. - 536 с.

54. Зузов, В.Н. Розробка методів створення несучих систем колісних машин з оптимальними параметрами: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.05.03, 01.02.06

/ Зузов Валерій Миколайович. - М. - 2002. - 347 с.

55. Зуєв, Ю.С. Руйнування полімерів під дію агресивних середовищ. Видання 2-е, перероблене / Ю.С. Зуєв. - М.: Хімія. - 1972. - 232 с.

56. Іванівський, В.С. Обґрунтування параметрів адаптивності і стабільності формованих структурних сукупностей на прикладі транспортно логічної системи / В.С. Іванівський, І.В. Соколов, І.М. Кравченко // Будівельні і дорожні машини. - 2014. - № 12. - С. 32-35.

57. Ігнатов, А.В. Застосування клеїв при складанні виробів в машинобудуванні: навчальний посібник / А.В. Ігнатов. М.: МГТУ ім. Н.е. Баумана. - 2000. - 43 с.

58. Іосілевіч, Г.Б. Деталі машин / Г.Б. Іосілевіч. - М.: Машинобудування. - 1988. - 368 с.

59. Карагодин, В.І. Ремонт автомобілів і двигунів: підручник для студ. установ середовищ. проф. освіти / В.І. Карагодин, М.М. Мітрохін. - 9-е изд., Стер. - М.: Видавничий центр «Академія». - 2013. - 496 с.

60. Кардашов, Д.А. Полімерні клеї / Д.А. Кардашов, А.П. Петрова. Монографія. М.: Хімія. - 1983. - 256 с.

61. Кліматичне старіння композиційних матеріалів авіаційного призначення. І. Механізми старіння / Каблов Е.Н., Старцев О.Н., Кротов А.С., Кирилов В.Н. // Деформація і руйнування матеріалів. - 2010. - № 11. - С. 19- 26.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 100 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

62. Колганов, І.М. Технологічність авіаційних конструкцій, шляхи підвищення. Частина 1: навчальний посібник / І.М. Колганов, П.В. Дубровський, А.Н. Архипов. - Ульяновськ: УЛГТУ. - 2003. - 148 с.

63. Комков, М.А. Основи проектування клейових з'єднань / М.А. Комков // Клеї. Граматика. Технології. - 2004. - № 3. - С.19-24.

64. Композиційні матеріали. Довідник / В.В. Васильєв, В.Д. Протасов, В.В. Болотін та ін. Під загальною редакцією В.В. Васильєва, Ю. М. Тарнопольського. - М: Машинобудування. - 1990. - 512 с.

65. Коноплин, А.Ю. Клеесварние і клеєклепаная технологія для проведення ремонту дорожніх машин / А.Ю. Коноплин, А.К. Анопрієнко, Н.І. Баурова // Наука і техніка в дорожній галузі. - 2015. - №3 (73). - С. 31-33.

66. Коноплин, А.Ю. Методи оцінки довговічності клейових матеріалів, використовуваних при створенні клеесварних з'єднань / А.Ю. Коноплин // Усі матеріали. Енциклопедичний довідник. - 2014. - № 8. - С.11-13.

67. Коноплин, А.Ю. Особливості випробування просторових коробчатих конструкцій / А.Ю. Коноплин // Усі матеріали. Енциклопедичний довідник. - 2015. - № 7. - С.10-14.

68. Коноплин, А.Ю. Розробка технологічного забезпечення виробництва і ремонту машин із застосуванням клеесварние технології: дис. ... до- та. техн. наук: 05.02.08 / Коноплин Олександр Юрійович. - М. - 2016. - 177 с.

69. Корозія автомобілів і її запобігання / Т. Бестек, Е. Бреннеке, Є. Іванов та ін. Пер. з польського Ю.І. Кузнєцова. - М.: Транспорт. - 1985. - 255 с.

70. Ларічев, О.І. Теорія і методи прийняття рішення / О.І. Ларічев. - М.: Логос. - 2000. - 230 с.

71. Лотів, А.В. Багатокритеріальні задачі прийняття рішень:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 01 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

навчальний посібник / А.В. Лотів, І.І. Поспелова. - М.: МАКС Пресс. - 2008. - 197 с.

72. Лукіна, Н.Ф. Способи ремонтних технологій з застосуванням склеювальних матеріалів авіаційного призначення / Н.Ф. Лукіна, І.А. Шарова, А.П. Петрова, Е.В. Котова // Усі матеріали. Енциклопедичний довідник. - 2016. - №11. - С. 62-69.

73. Малишева, Г.В. Прогнозування ресурсу клейових з'єднань / Г.В. Малишева // Клеї. Граматика. Технології. - 2013. - №8. - С. 31-34.

74. Махутов, Н.А. Конструкційна міцність, ресурс і технологічна безпека: У 2 ч. Частина 1: Критерії міцності і ресурсу. / Н.А. Махутов. - Новосибірськ: Наука. - 2005. - 494 с.

75. Мешалкин, В.П. Експертні моделі управління ризиками / В.П. Мешалкин, А.Ю. Білозерський, Ж.В. Зайцева. - Смоленськ: Смоленський ЦНТІ. - 2007. - 126 с.

76. Михайлов, А.Н. Основи синтезу функціонально-орієнтованих технологій машинобудування / О.М. Михайлов. - Донецьк: ДонНТУ. - 2009. - 346 с.

77. Мотовилін, Г.В. Відновлення автомобільних деталей олігомерними композиціями / Г.В. Мотовилін. - М.: Транспорт. - 1981. - 111 с.

78. Мурашов, В.В. Контроль виробів з ПКМ і багат шарових клеєних конструкцій ультразвуковими методами відображення / В.В. Мурашов, А.С. Генералів // Авіаційні матеріали. - 2017. - №1 (46). - С. 69-74.

79. Новиков, А.Д. Забезпечення герметичності фланцевих з'єднань, виготовлених з металів і полімерних композиційних матеріалів / А.Д. Новиков, Н.М. Петров, Г.В. Малишева // Ремонт, відновлення, модернізація. - 2014. - №8. - С. 44-48.

80. Овчинский, А.С. Процеси руйнування композиційних матеріалів:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 102 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

імітація мікро- і макромеханізмів руйнування на ЕОМ / А.С. Овчинский. - М. : Наука. - 1988. - 278 с.

81. Орлов, Л.Н. Комплексна оцінка безпеки і несучої здатності кабін, кузовів автомобілів, автобусів: дис. ... докт. техн. наук. : 05.05.03 / Орлов Лев Миколайович. - Н. Новгород. - 2001. - 406 с.

82. Орлов, Л.Н. Пасивна безпека і міцність кузовів, кабін автотранспортних засобів / Л.М. Орлов // Праці НГТУ. - 2005. - Т.8 - С. 158-167.

83. Песков, В.І. Теорія автомобіля / В.І. Песков. - Н. Новгород: Изд-во НГТУ. - 2005. - 421 с.

84. Петрова, А.П. Властивості клейових матеріалів, використовуваних в ремонтно-відновлювальних роботах / А.П. Петрова, В.В. Куликов // Клеї герметики технології. - 2008. - №8. - С. 2-12.

85. Петрова, Л.Г. Дослідження корозійної стійкості металів і захисних покриттів / Л.Г. Петрова, А.В. Косачев // У збірнику: «Сучасні матеріали, техніка та технологія» матеріали 3-й Міжнародній науково-практичній конференції. Південно-Зап. держ. ун-т. Курськ. - 2013. - С. 83-86.

86. Пляскін, І.І. Оптимізація технічних рішень в машинобудуванні / І.І. Пляскін. - М. : Машинобудування. - 1982. - 176 с.

87. Проников, А.С. Параметрична надійність машин / А.С. Проников. - М. : МГТУ ім. Н.е. Баумана. - 2002. - 560 с.

88. РД 03112178-1023-99. Том I. Збірник норм часу на технічне обслуговування і ремонт легкових, вантажних автомобілів і автобусів (затв. Мінтрансом РФ).

89. Ричін, С.А. Клепка, рубка і карбування / С.А. Ричін. - М. : Судпромгіз. - 1956. - 148 с.

90. Савчук, В.П. Обробка результатів вимірювань. Фізична лабораторія. ч1: Учеб. посібник для студентів вузів / В. П. Савчук. - Одеса: ОНПУ. - 2002. - 54 с. мул.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 103 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

91. Сарбаев, Б.С. Розрахунок температурних деформацій і напружень в композитному обтічнику конічної форми / Б.С. Сарбаев // наука і освіта: наукове видання МГТУ ім. Н.е. Баумана. - 2015. - №4. - С. 58-72.

92. Складальні, монтажні і випробувальні процеси у виробництві літальних апаратів: Підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів / В.А. Бордаков, Б.П. Барвінок, В.І. Богданович, П.А. Бордаков, Б.П. Пешков, І.М. Желтов, І.А. Докукина. Під редакцією Барвінка В.А. - М.: Машинобудування. - 1996. - 576 с.

93. Сергєєв, А.Ю. Відновлення працездатності теплонавантаженому елементів дорожньо-будівельних машин з використанням полімерних композиційних матеріалів (на прикладі систем випуску відпрацьованих газів): дис. ... к-та. техн. наук: 05.05.04 / Сергєєв Андрій Юрійович. - М. - 2016. - 192 с.

94. Синельников, А.Ф. Основи технології виробництва і ремонт автомобілів / А.Ф. Синельников. - М.: Видавничий центр «Академія». - 2011 року. - 320 с.

95. Склеювання в машинобудуванні. Довідник: в 2 т. / [Д.А. Аронович і ін.]; під заг. Ред. Г.В. Малишевої. Москва. - 2005.

96. Склеювання металів і пластмас: пров. зі словац. / Под ред. А.С. Фрейдіна. - М.: Хімія. - 1985. - 240 с.

97. Смердів, А.А. Розробка методів проектування композитних матеріалів і конструкцій ракетно-космічної техніки: дис. ... д-ра техн. наук: 05.07.02 / Смердов Андрій Анатолійович. - М. - 2007. - 410 с.

98. Тараскін, Н.Ю. Особливості методики дослідження властивостей полімерних композиційних матеріалів методом динамомеханіческого аналізу / Н.Ю. Тараскін, Є.К. Філіна, Г.В. Малишева // Усі матеріали. Енциклопедичний довідник. - 2014. - №7. - С. 9-13.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 04 |

99. Темників, В.Н., Застосування полімерних матеріалів при технічному обслуговуванні та ремонті машин: монографія / В.М. Темників, В.І. Башкирцев, Ю.В. Башкирцев. - М.: ФГБОУ «РІАМА». - 2011. - 229 с.

100. Технологія машинобудування, виробництво і ремонт підйомно-транспортних, будівельних і дорожніх машин: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Б.П. Долгополов, Г.Н. Доценко, В.А. Зорін та ін. Під. ред. Зоріна В.А. - М.: Академія. - 2010. - 576 с.

101. Турусов, Р.А. Механічні явища в полімерах і композитах (в процесах формування): дис. ... д-ра. техн. наук: 01.04.19 / Турусов Роберт Олексійович. - М. - 1983. - 363 с.

102. Андреев, А.А. Іцкович. - М.: Машинобудування. - 1968. - 230 с.

103. Шарова, І.А. Епоксидні клеї холодного затвердіння для виготовлення і ремонту деталей з ПКМ. Огляд / І.А. Шарова, Н.Ф. Лукіна,

104. Alwan, JM Effect of structural adhesives on energy management of spot-welded hat-section steel components / JM Alwan, CC Chou, C. Wu // CAEtech, Inc., Ford Motor Company. - 2001. - №1. - P.34-39.

105. Camillo, J. Riveting: Self-Piercing Rivets vs. Spot Welding / J.Camillo// Assembly Magazine. - 2010. - December 23.

106. Camilo, J. The Simple Appeal of Self-Piercing Riveting. / J. Camilo // Assembly Magazine. - 2010. - December 23.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | МРТАМ 21.16112.000. ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 105 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |