

Винахід відноситься до технології обробки металів тиском і може бути використаний в різних галузях промисловості: металургійній, машинобудівній, хімічній і та ін., а також в зварювальному виробництві при ремонті металоконструкцій.

Відомо про спосіб зняття залишкових напружень в зварних швах (а.с. СССР №479/386, кл. В23К29/00), основним недоліком якого є відсутність регулювання режиму зміцнення зварного з'єднання. Крім того, безпечність вибухових робіт, збереження споруд, які знаходяться в районі виробництва вибуху, суттєво знижують позитивний ефект даного рішення.

Відомий спосіб наклепу металевих виробів (патент США №6144012, МПК В23К26/00), який прийнятий за прототип, полягає в тому, що деталь обробляють імпульсами лазерного проміння, створюючи в її поверхневому шарі поле напружень стиску, які мають прямокутну, квадратну, еліптичну, шестикутну чи круглу форму і віддалені один від другого на відстані 1 мм, що не допускають виникнення в цих проміжках напружень розтягу.

Суттєвим недоліком даного рішення є непрогнозуємий рівень формованого поля залишкових напружень, а також ступінь дії лазерного променя на властивості поверхневих шарів металу та його працездатність.

Поставлена комплексна задача - розширити технологічні можливості способу, підвищити якість обробки і опору металоконструкцій зародженню і розповсюдженню руйнування з метою запобігання аварій та зменшення ступеня їх наслідків.

У вказаній задачі передбачено спосіб гальмування втомних тріщин в тонкостінних металоконструкціях з наведеними в її поверхневому шарі поля напружень стиску різної форми, а додатково при наявності втомної тріщини її засвердлюють по кінцях та проводять наклеп з зовнішніх сторін отворів і здійснюють пластичне стиснення по товщині відносно пластичного матеріалу пристроєм з найбільш твердого матеріалу, виконаного у вигляді клину, шайби, конуса, спеціальної втулки, а також на зовнішніх сторонах отворів в металоконструкції створюють напруження стиску, які рівні або перевищують робочі напруження розтягу:

$$\sigma_c \geq \sigma_p$$

Зварним з'єднанням властива концентрація напружень не тільки від діючих навантажень, але і від залишкових напружень. Встановлено також, що залишкові напруження впливають не тільки на зародження, але і на швидкість розвитку втомних тріщин. Стискуючи залишкові напруження зменшують швидкість розвитку тріщин, а розтягуючі - збільшують. Взаємодія залишкових і робочих напружень перевірялась на моделях з полікарбоната. Полікарбонат - оптично-активний матеріал, який має хорошу прозорість. Концентрація напружень на моделях досліджувалась поляризаційно-оптичним методом.

Ізохрони в зразку з двома круговими отворами від залишкових і прикладених напружень показані на фіг.1. Максимальні залишкові напруження спостерігаються на зовнішніх контурах. На внутрішньому контурі залишкові розтягуючі напруження практично відсутні.

Приклад

Оцінка ефективності заявленого способу обробки виконувалась на плоских зразках з алюмінієвого сплаву марки Д16АТ ($\sigma_B = 520\text{МПа}$, $\sigma_T = 360\text{МПа}$) розміром 500x170x3мм (фіг.2). Для дослідження впливу обробки на швидкість розповсюдження втомних тріщин були виготовлені 3 серії зразків: 1) з втомною тріщиною довжиною 25мм; 2) з втомною тріщиною ($\ell = 25\text{мм}$) і двома отворами по її кінцям діаметром 9,5мм; 3) зразок з гвинтовими заглушками.

Локальна пластична деформація у вершині тріщини здійснюється втулкою і шайбою, які знаходяться, як показано на фіг.3, і гвинтовим кріпленням, що стискають їх. При односторонньому доступу до металоконструкції з тріщиною втомі використовується схема пластичного стиснення по товщині (фіг.3). Для створення залишкових напружень стиску при пластичному обтисненні зразка використовували динамометричний ключ.

Для оцінки впливу полів залишкових напружень в околі вершини тріщини було використано найбільш продуктивний спосіб, заснований на зміні швидкості проходження ультразвукових хвиль в металі, випробовуючи певні напруження. З цією метою використовувався прилад "ПІОН", розроблений в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України.

Втомні випробовування зразків проводились при віднульовому циклі розтягу на електрогідравлічному пульсаторі УРС-20. В процесі випробовувань циклічне навантаження підтримувалось постійним. Рівень максимальних нетто-напружень в досліджуваному перетині зразка складав 91МПа.

Збільшення втомних тріщин вимірювалось на поверхні зразків оптичним мікроскопом МБС-1 з мірною шкалою.

Порівняльні втомні випробовування зразків приведені в таблиці.

Таблиця

№ п/п	Тип зразка	Довговічність число циклів	Примітка
1	Вихідний стан, тріщина $\ell = 25\text{мм}$	44600	-
2	Тріщина з отворами по кінцях	95500	-
3	Тріщина з гвинтовими заглушками по кінцях	500000	Розповсюдження тріщини не виявлено

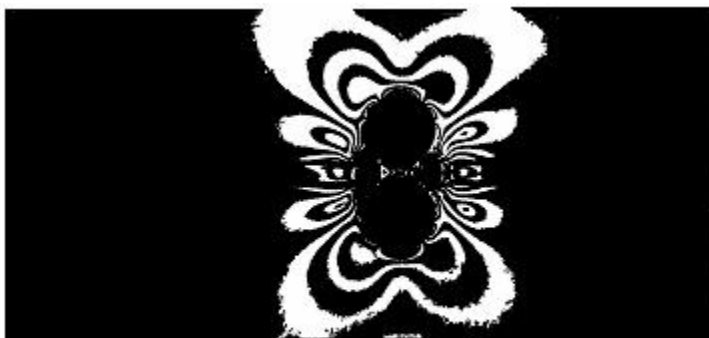
Позитивний ефект досягнуто за рахунок застосування спрощеної технології підготовчих операцій та простого регулювання залишкових напружень стиску при виробництві пластичного стиснення по товщині.

Проведені дослідження заявленого способу показали принципіально нове рішення, яке відрізняється від прототипу, для гальмування процесу росту втомних тріщин в металоконструкціях.

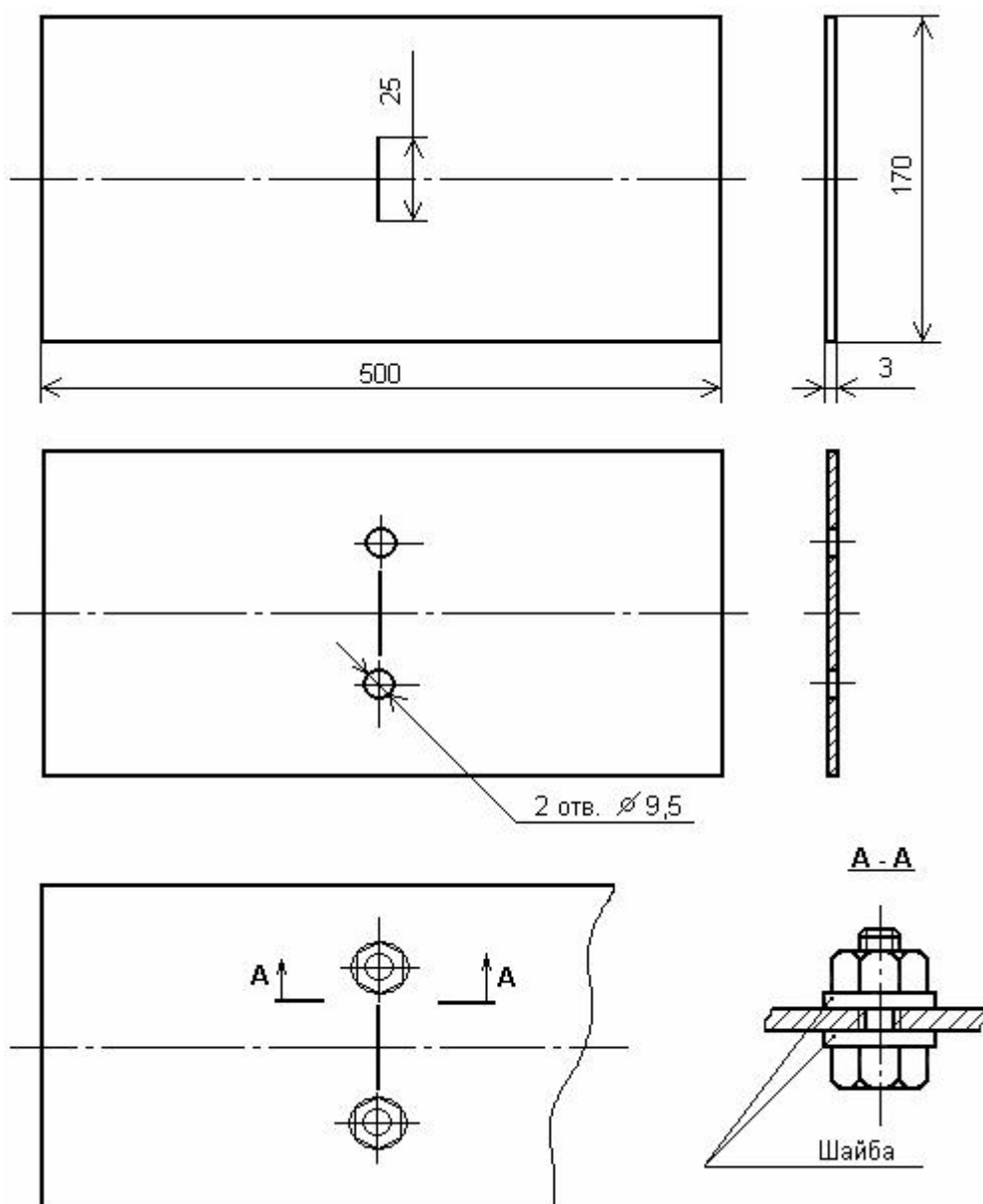
Запропоноване технічне рішення може бути використано при зварюванні металоконструкцій, а також при виробництві ремонтних робіт. Заявлений об'єкт пройшов лабораторні випробування та дослідно-промислово

перевірку в натурних умовах при ремонті мостів.

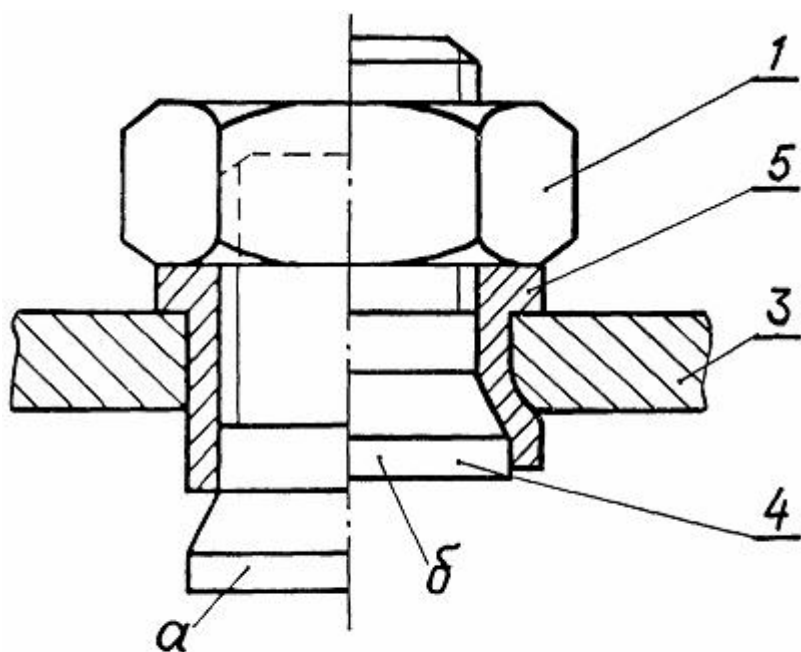
Орієнтовний строк доведення заявленого рішення до промислового використання один рік.



Фиг. 1



Фиг. 2



1 - Гайка, 2 - Шайба, 3 - Образец, 4 - Болт, 5 - Втулка
 а - исходное положение, б - после обжата.

Fig. 3