

СТІЙКІСТЬ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ОТРИМАНИХ ЛАЗЕРНИМ ФОРМУВАННЯМ

Досліджена стійкість металевих конструкцій, отриманих лазерним формуванням, до робочих силових та теплових навантажень

Ключові слова: стійкість, лазерне формування, листові матеріали, деформація

Исследована стойкость металлических конструкций, полученных лазерным формированием, к рабочим силовым и тепловым нагрузкам

Ключевые слова: стойкость, лазерное формирование, листовые материалы, деформация

The endurance of metal construction produced by laser forming to power and thermal loads are explored

Key words: endurance, laser forming, sheet material, deformation

О.Д. Кагльак

Асистент*

Контактний тел.: 068-322-99-67

E-mail: Kaglyak_O@meta.ua

О.О. Гончарук

Асистент*

Контактний тел.: 096-749-43-26

E-mail: Alexdgin@gmail.com

*Кафедра лазерної техніки та фізико-технічних технологій**

О.В. Сіора

Молодший науковий співробітник***

Контактний тел.: 097-335-56-73

E-mail: siora@ua.fm

А.М. Палагеша

Інженер***

Контактний тел.: 093-907-44-15

E-mail: palagen@ukr.net

***Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України

вул. Боженка, 11, Київ, Україна, 03680

Н.О. Мельник

Кафедра технології машинобудування**

Контактний тел.: 093-740-62-83

E-mail: natimel@meta.ua

**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Лазерне формування листових матеріалів, останнім часом, привертає увагу значної кількості дослідників, оскільки має ряд переваг, які дозволяють використовувати його у випадках коли використання традиційних способів обробки ускладнене або неможливе. До таких переваг, з поміж іншого, належать: можливість формування крихких та пружних матеріалів, відсутність громіздкого спеціального обладнання, легка автоматизація, гнучкість процесу та ін.. Однак, процес лазерного формування (ЛФ) ще не достатньо вивчений. Не достатня увага, на нашу думку, звертається на експлуатаційні характеристики конструкцій виготовлених за допомогою ЛФ, зокрема на стійкість сформованих конструкцій до дії робочих силових та теплових навантажень та порівнянню її зі стійкістю конструкцій отриманих обробкою тиском. Здатність конструкції зберігати сталу форму та положення під час експлуатації, визначає її експлуатаційні характеристики. Зазвичай, для збільшення стійкості та жорсткості конструкції з листового матеріалу, використовують ребра жорсткості або ж використовують листовий матеріал більшої товщини. Якщо вдасться,

за допомогою зміни способу формування, збільшити стійкість та жорсткість конструкції, то це дозволить зменшити витрати матеріалу та суттєво зменшити масу готової конструкції. Що, в свою чергу, дозволить економити експлуатаційні потужності.

2. Методика проведення досліджень

Для визначення стійкості сформованих лазером конструкцій та її порівняння зі стійкістю конструкцій сформованих класичними способом, відбиралися зразки у вигляді пластин зігнутих на кут 90° тотожні за розмірами та матеріалом (сталь 65Г та сталь 12Х18-Н10Т) але відмінні за способом формування. Ці зразки закріплювалися в струбці за один край, а до вільного краю прикладалося навантаження спрямоване на розгинання сформованого кута. Для концентрації зусилля розгинання у вершині кута, поверхні зразка, прилеглі до кута, затискалися допоміжними пластинами. Під час прикладання навантаження вимірювалася (за вимірювальною шкалою, $^\circ$) повна деформація зразка, після зняття навантаження, вимірювалася залишкова деформація. Далі навантаження збільшувалося

і вимірювання продовжувалося. Навантаження збільшувалося дискретно від величини 0,1кг з кроком 0,1кг. Таким чином перевірялася стійкість сформованої конструкції до розгинання, та її порівняння зі стійкістю конструкцій сформованих класичними способом (рис. 1а).

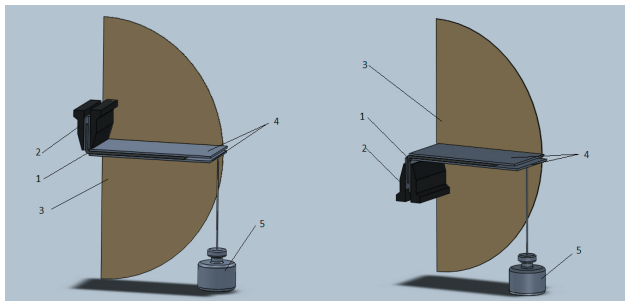


Рис. 1. Схема оцінки стійкості сформованих конструкцій: а – до розгинання, б – до надмірного згинання; 1 – зразок, 2 – трубочина, 3 – вимірвальна шкала, 4 фіксуючі пластини, 5 – змінний вантаж

Для визначення стійкості сформованих конструкцій до надмірного згинання, відбиралися зразки аналогічні до попереднього випадку. Навантаження прикладалося у напрямку збільшення кута згинання. Так само фіксувалися повна та залишкова деформації. Навантаження змінювалося аналогічно до попереднього випадку (рис. 1б).

Сформована конструкція в процесі експлуатації може витримувати не лише силові навантаження, але й піддаватися впливу підвищених температур, або ж комбінації силового та теплового навантаження. Тому визначення сталості форми конструкції під дією теплових навантажень та збереження характеристик конструкції (жорсткість, стійкість) після припинення дії теплового навантаження є дуже важливим.

Теплові навантаження на сформовані конструкції в процесі експлуатації можуть мати циклічний характер (повторні цикли нагрівання та охолодження), під їх дією в деформованій зоні зразків може відбуватися перерозподіл внутрішніх напружень та зміна форми конструкції. Доцільно дослідити сталість, при об'ємному нагріванні-охолодженні, конструкцій сформованих лазером у порівнянні з конструкціями сформованими класичним способом. Для цього відбираємо зразки з вуглецевої сталі 65Г та нержавіючої сталі 12Х18Н10Т половина з яких сформована лазерним способом, а друга половина обробкою тиском. Зразки з одного матеріалу (наприклад з сталі 65Г) попарно: сформований лазером + сформований обробкою тиском поміщаються у термічну піч, де проводиться на-

грівання до температури низького відпуску (200⁰С). Після нагрівання та охолодження виявляється наявність зміни форми зразка, та фіксується її величина. Наступна пара зразків нагрівається до температури середнього відпуску (400⁰С), охолоджується, після чого знову фіксується наявність та, за наявності, величина зміни форми. Наступна пара зразків піддається високому відпуску (600⁰С), з подальшим охолодженням та вимірюванням. Остання пара зразків піддається відпалу з подальшими аналогічними замірами. Проводиться порівняння результатів термічного впливу між зразками сформованими різними методами.

Аналогічні операції проводимо зі зразками з сталі 12Х18Н10Т.

Дослідженням на стійкість піддавалися зразки, методика та результати обробки яких представлені у наших попередніх дослідженнях [1, 2].

3. Результати експериментальних досліджень

При навантаженні зразків згідно методики, описаної вище, були отримані значення повної та залишкової деформації для зразків товщиною 0.5мм. з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т та вуглецевої сталі 65Г. Зразок нержавіючої сталі 12Х18Н10Т, сформований обробкою тиском до кута 90⁰, до навантаження 0.7кг деформувався у пружній області без залишкової пластичної деформації. При подальшому навантаженні, величина повної та залишкової деформації збільшувалася. А за досягнення рівня навантаження у 2кг, величина повної деформації становила 40⁰ а залишкової – 25⁰ (рис. 2а). При обробці зразка, сформованого лазером, залишкова деформація проявилася при навантаженні в 1кг (рис. 2б). А величина повної та залишкової деформації за навантаження 2кг була на 28% меншою ніж у випадку зразка сформованого класичним способом.

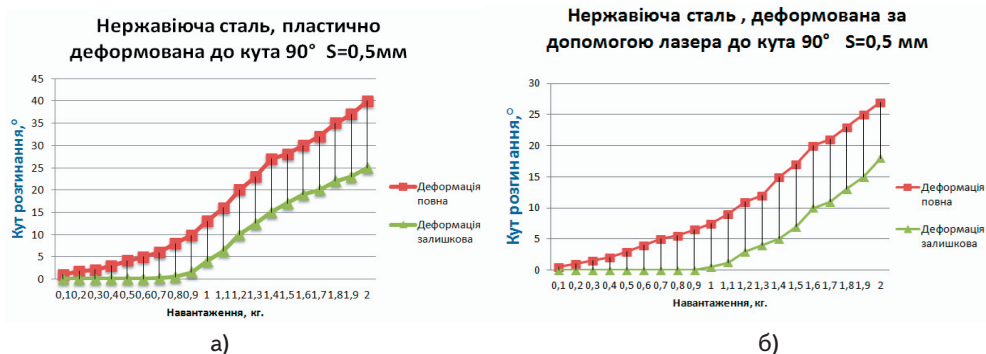


Рис. 2. Повна та залишкова деформації зразків зі сталі 12Х18Н10Т, при дослідженні на розгинання: а – сформований обробкою тиском, б – утворений лазерним формуванням

Для зразків з низько легованої вуглецевої сталі 65Г було отримано наступні результати: при навантаженні зразка легованої вуглецевої сталі 65Г (зігнутого до кута 90⁰ класичним способом) залишкова деформація почала з'являтися при навантаженні 0.7кг, При навантаженні 2.0 кг, величина повної деформації становила 27⁰ а залишкової 11⁰ (рис. 3а); зразок сформований за допомогою лазера деформувався в пружній області до навантаження 2 кг при якому проявилася залишкова пластична деформація величиною 1⁰ (рис. 3б). Після

проходження значення навантаження 2 кг величина пластичної деформації зростає зі збільшенням навантаження, але продовжує бути меншою (більш як на 50%) за пластичну деформацію зразка сформованого класичним способом, при відповідному навантаженні.

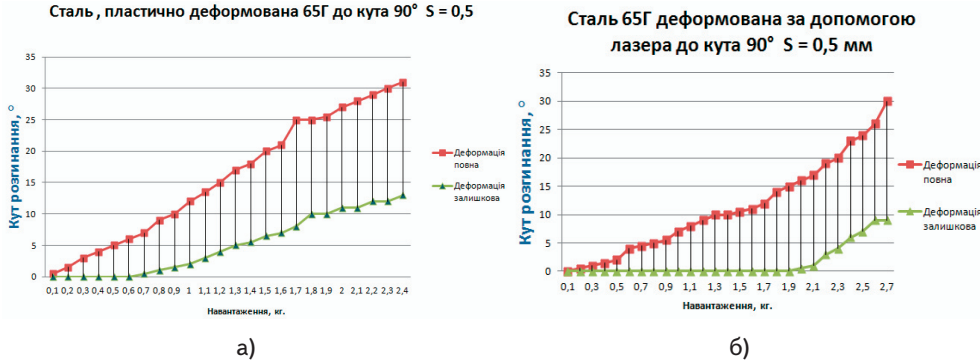


Рис. 3. Повна та залишкова деформації зразків зі сталі 65Г, при дослідженні на розгинання: а – сформований обробкою тиском, б – утворений лазерним формуванням

Далі визначалася стійкість сформованих конструкцій до подальшого згинання. У зразку зі сталі 12Х18Н10Т, сформованого обробкою тиском, залишкова пластична деформація проявилася при навантаженні 0.4 кг (рис. 4а), що менше на 0.3 кг ніж в досліді на розгинання, при досягненні навантаження в 2 кг величина повної та залишкової деформації також була меншою на 3⁰ та 5⁰ відповідно. Дослідження зразка сформованого лазером дало наступні результати: залишкова деформація проявилася при навантаженні 0.8 кг, що вдвічі більше ніж для зразка сформованого обробкою тиском, але значення повної та залишкової деформації при навантаженні 2 кг перевищували відповідні значення ніж для зразка сформованого обробкою тиском на 10 (рис. 4б).

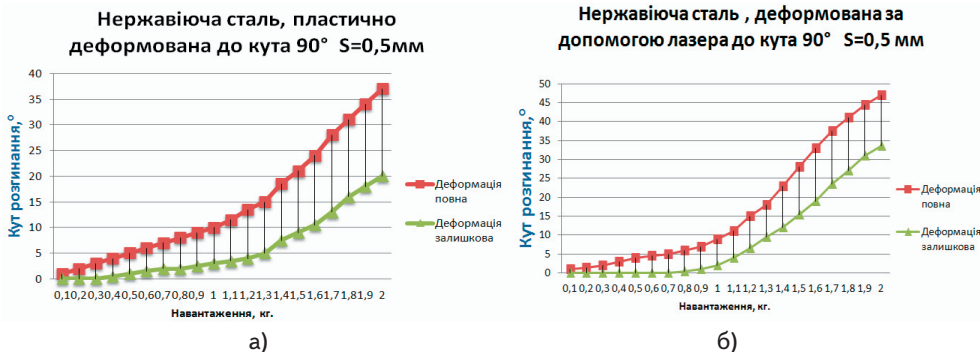


Рис. 4. Повна та залишкова деформації зразків зі сталі 12Х18Н10Т, при дослідженні на подальше згинання: а – сформований обробкою тиском, б – утворений лазерним формуванням

Дослідження на подальше згинання зразків зі сталі 65Г показало дещо інші результати. В обох зразках (сформованого обробкою тиском та сформованого лазерним формуванням) залишкова деформація проявилася при навантаженні 1.2 кг. І хоча при навантаженні 2.6 кг значення повної та залишкової деформації для зразка сформованого обробкою тиском були кращими ніж для сформованого лазером рис. 5а,б (30⁰ та 7⁰ проти 36⁰ та 12⁰ відповідно), та вже при навантаженні 2.7 кг почалося руйнування зразка сформованого тиском в місці згинання. Натомість лазерно-утворений зразок продовжував сприймати навантаження без руйнування, рис. 5б, при

цьому, значення повної та залишкової деформації зростали.

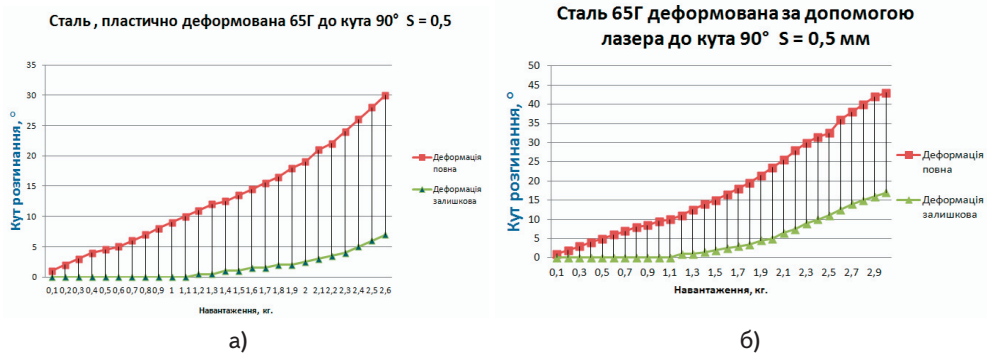


Рис. 5. Повна та залишкова деформації зразків зі сталі 65Г, при дослідженні на подальше згинання: а – сформований обробкою тиском, б – утворений лазерним формуванням

Окрім силових навантажень, в процесі експлуатації, сформовані конструкції можуть переживати і теплові навантаження, тому існує необхідність перевірки сталості конструкцій утворених лазерним формуванням, під дією цих навантажень, та її порівнянням зі сталістю конструкцій сформованих за допомогою обробки тиском.

Дослідження показали, що при нагріванні зразків з нержавіючої сталі до температур 200, 400, 600⁰С (що відповідає режимам низького середнього та високого відпуску, для вуглецевих сталей), зразки сформовані обробкою тиском та зразки утворені лазерним формуванням показали приблизно однакові результати.

При нагріванні зразків до температури 200⁰С (та подальшому охолодженні на повітрі за нормальних температур) не відбувалося видимих змін форми. У випадку коли теплове навантаження складало 400⁰С та 600⁰С, зміна форми зразків (сформованих обома способами формоутворення) була направлена в сторону зменшення кута згинання, а її величина була приблизно однаковою та становила близько 1⁰.

Дослідження зразків зі сталі 65Г (за таких же режимів теплового навантаження) показали, що при нагріванні до 200⁰С, як і в попередньому випадку, зміни форми не відбуваються. При нагріванні до 400⁰С, зразок, сформований обробкою тиском, деформувався в напрямку зменшення кута згинання на 1⁰, натомість, форма зразка, сформованого лазерною обробкою, залишилася без змін. За умови нагрівання до температури 600⁰С, зразок сформований лазерним формоутворенням, змінював форму ідентично зі зразком утвореним обробкою тиском: відбувалося розгинання зразків приблизно на 1⁰. Подальша тепла обробка зразків проводилася при їх нагріванні до температури 850⁰С з подальшим повільним охолодженням разом з піччю, у зразках зі сталі 65Г деформація відбувалася. При чому, у зразку сформованому обробкою тиском вона була спрямована на збільшення кута згинання і становила близько 2⁰. Натомість, у зразках сформованих лазерною обробкою, деформація була направлена на зменшення сформованого кута і мала величину 8⁰. В свою чергу, обробка, за такого теплового режиму, зразків з нержавіючої сталі не призвела до суттєвих змін форми, як у випадку зразків сформованих обробкою тиском, так і у випадку зразків утворених лазерним формоутворенням.

Отже, конструкції з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т, сформовані за допомогою лазерного формоутворення, не поступаються у стійкості до теплових навантажень, конструкціям сформованим за допомогою обробки тиском. У випадку вуглецевої сталі 65Г, стійкість утворених лазером конструкцій дещо вища, за умови нагрівання до температури нижчої за температуру початку поліморфних перетворень. Але при нагріванні до вищих температур (850⁰С), деформація, виклика-

на тепловим впливом, вища у конструкцій сформованих лазером.

Для моделювання умов сумісної дії силових та теплових навантажень та дослідження поведінки сформованих конструкцій в цих умовах, зразки, які піддавалися тепловій обробці у режимі відпалу, після охолодження разом з піччю були піддані дослідженню на розгинання, після чого було отримано наступні результати: рис. 6а,б та рис. 7а,б.

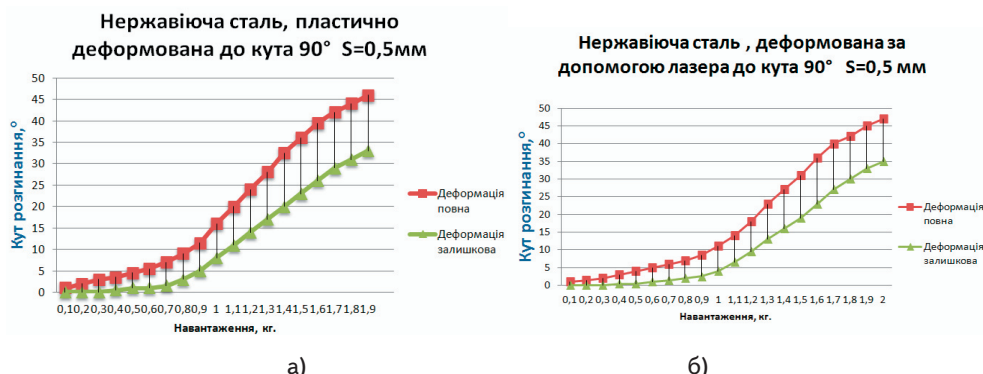


Рис. 6. Повна та залишкова деформації зразків зі сталі 12Х18Н10Т, при дослідженні на розгинання після відпалу: а – сформований обробкою тиском, б – утворений лазерним формоутворенням

Для зразків з нержавіючої сталі обох видів, залишкова деформація проявлялася після прикладення навантаження 0.4 кг. А при навантаженні 1.9 кг значення повної та залишкової деформації для зразка сформованого лазерною обробкою були меншими ніж для зразка сформованого обробкою тиском: 45⁰, 32⁰ та 46⁰, 33⁰ відповідно.

В свою чергу, для зразків зі сталі 65Г, сформованих обробкою тиском, прояв залишкової деформації відбувся при навантаженні 0.2 кг. А при досягненні навантаження у 2 кг, рівень повної та залишкової деформації становив 52⁰ та 35⁰ відповідно (рис. 7а). Натомість, у зразку сформованому лазерною обробкою, прояв залишкової деформації спостерігався значно пізніше – при навантаженні в 0.5 кг. Однак, при навантаженні у 2 кг величина залишкової деформації була такою ж як і в попередньому випадку, тобто 35⁰, рис. 7 б.

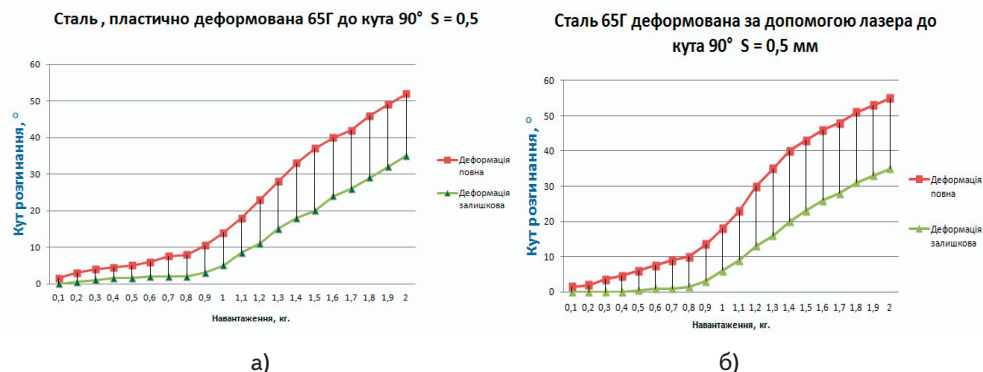


Рис. 7. Повна та залишкова деформації зразків зі сталі 65Г, при дослідженні на розгинання після відпалу: а – сформований обробкою тиском, б – утворений лазерним формоутворенням

4. Висновки

• Конструкції сформовані лазером мають вищу стійкість до розгинання, порівняно з конструкціями утвореними обробкою тиском, на 28% у випадку формування сталі 12Х18Н10Т та більш ніж на 50% у випадку дослідження сталі 65Г.

• При дослідженні на подальше згинання, встановлено, що порогове значення навантаження при якому проявляється залишкова деформація, вище у зразків сформованих лазером. Але, після перевищення цього значення, величина деформації в них стає вищою за

зразки сформовані обробкою тиском. Однак, останні, при подальшому збільшенні навантаження, схильні до тріщино-утворення та руйнування, на відміну від лазерно-сформованих конструкцій, які продовжують витримувати навантаження.

• Стійкість до теплових навантажень конструкцій зі сталі 12Х18Н10Т не залежала від способу формування. Конструкції зі сталі 65Г, сформовані лазером мали дещо вищу стійкість при температурах нижчих за температуру початку поліморфних перетворень, однак втрачали її, при перевищенні критичних температур.

Література

1. Кагляк, О.Д. Лазерне формоутворення просторових металевих конструкцій / О.Д. Кагляк, Л.Ф. Головка, О.О. Гончарук // Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2009. – № 6/1(42). – С. 4-11.
2. Кагляк, О.Д. Особливості лазерного формоутворення листових матеріалів / О.Д. Кагляк, О.О. Гончарук, Л.Ф. Головка, А.М. Лутай // Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 2/13(56). – С. 32-40.

Описані існуючі роторні гомогенізатори. Обґрунтована доцільність використання роторно-динамічних агрегатів гомогенізаторів (РДАГ) для технологічних процесів з високими вимогами до дисперсності продукту
Ключові слова: РДАГ, гомогенізація, дисперсність, пульсуюча течія

Описаны существующие роторные гомогенизаторы. Обоснована целесообразность использования роторно-динамических агрегатов гомогенизаторов (РДАГ) для технологических процессов с высокими требованиями к дисперсности продукта

Ключевые слова: РДАГ, гомогенизация, дисперсность, пульсирующие течения

We describe the existing rotary homogenizer. The expediency of using rotor-dynamic machine homogenizer (RDAH) for the process with high demands on the product fineness is justified

Keywords: RDAH, homogenization, dispersibility, pulsating flow

УДК 001.891:65.011.56

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ РДАГ

М.С. Овчаренко

Науковий співробітник

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, Україна, 40007

Контактний тел.: (0542) 25-46-39, 095-332-21-56

E-mail: miklovcharenko@gmail.com

1. Вступ

На кафедрі прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету ведуться роботи по дослідженню та виготовленню багатофункціональних роторних гідродинамічних агрегатів, які використовуються в багатьох галузях (харчовій, хімічній, лакофарбовій та інших) для реалізації різноманітних про-

цесів (інтенсифікації хіміко-технологічних процесів, подрібненню багатокомпонентних сумішей в рідині, гомогенізації). Агрегати, виготовлені на кафедрі, вже використовуються на виробництвах для приготування йогуртів, майонезів та кетчупів на харчових підприємствах. В хімічній галузі агрегати використовуються для виготовлення лаків, красок, солідолу та біологічно активних добавок.