

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПЛАВЛЕНИХ ПРЕС-ФОРМ, ЩО ВІДПРАЦЮВАЛИ СВІЙ РОБОЧИЙ РЕСУРС

Блохіна І. О.

1. Вступ

Однією з найважливіших завдань промислового виробництва в Україні є підвищення якості продукції, скорочення трудовитрат, витрат енергії та матеріалів. Велике значення має можливість застосування різних способів наплавлення з метою ремонту та отримання поверхонь інструментів і деталей, що працюють в екстремальних умовах [1]. До таких виробів відносяться і прес-форми для виробництва скляних ізоляторів, а також оснащення для гарячої обробки тиском кольорових металів [2]. Робоча поверхня прес-форми піддаються не тільки впливу високих температур і різкому їх перепаду, але і хімічному впливу агресивного середовища. Тому для відновлення зношених поверхонь приділяється особлива увага як складу і структурі наплавленого металу, так і якісному нанесенню його на поверхню виробу. За допомогою проведених досліджень можна зменшити ймовірність утворення тріщин в наплавленому шарі за допомогою плазма-МІГ наплавлення.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єкт дослідження – ремонт прес-форм за допомогою плазма-МІГ наплавлення.

Плазма-МІГ процес із застосуванням порошкового дроту забезпечує максимальну однорідність наплавленого шару і заданий його хімічний склад вже за один прохід. Це пояснюється особливостями процесу, який дозволяє отримати неглибоку і широку зварювальну ванну. Однак при ремонті раніше наплавлених прес-форм, які відпрацювали свій робочий ресурс, наноситься після механічної обробки новий шар наплавочного матеріалу способом плазма-МІГ наплавлення на поверхню, що піддалася раніше (при виготовленні) термічному впливу плазми. Тому наплавлений метал на відремонтованих прес-формах зношується нерівномірно, має різну структуру і твердість, що властиво багат шаровій наплавці легуваних сталей. Це показує, що дослідження у цьому напрямку є необхідними.

3. Мета та задачі дослідження

Мета роботи – дослідити структурну неоднорідність наплавленого металу та її вплив на працездатність прес-форм, для забезпечення рівномірної твердості по перетину наплавленого шару металу.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Встановити, з яким кроком слід вести наплавку при відновленні прес-форм, які працюють при термоциклічних навантаженнях.

2. Експериментально довести, що плазма-МІГ наплавлення слід проводити на мінімально можливому струмі для підвищення швидкості кристалізації наплавленого металу.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Найбільші можливості управління складом і якістю наплавленням має комбінований спосіб – плазма-МІГ наплавлення. У [3, 4] доведено доцільність використання в якості електрода, який плавиться, що подається в зону горіння полоциліндричною плазмовою дугою, порошкового дроту. Це суттєво розширює можливості плазмових процесів.

Зміцнення поверхонь при ремонті і виготовленні виробів, працюючих при термоциклічних навантаженнях в хімічно агресивних середовищах, викликає значні труднощі, обумовлені (в першу чергу) точним дотриманням складу наплавлюваного матеріалу [2]. Це можливо забезпечити, застосувавши спосіб плазмового наплавлення з аксіальною подачею порошкового дроту [3].

Як відомо, прес-форми для формування скляних ізоляторів працюють у важких промислових умовах. Відомий ряд матеріалів, рекомендованих для роботи в умовах високих температур і термоциклічних навантажень [4, 5]. Однак частина з них, наприклад стелліта, досить дорогі, тому що містить велику кількість кобальту. Ряд сплавів містять значну кількість нікелю, вольфраму і молібдену, внаслідок чого їх застосування в промисловості також має обмежену область.

У роботах [1, 6] запропонована сталь для наплавлення прес-форми скляного виробництва типу 2X13N12GC2P2. Незважаючи на економне застосування нікелю в цій сталі, стійкість її до термоциклічних навантажень виявилася дещо нижче, чим у сплавів на основі нікелю. Дана сталь була взята за основу.

Відомо, що матеріал для наплавлення прес-форми, крім жаростійкості, повинен мати досить високу теплопровідність [6]. Найбільш широке застосування в останні роки знайшли наплавочні матеріали, теплопровідність яких з підвищенням температури зростає і досягає максимального значення при температурі 500 °С. Жароміцні наплавочні матеріали аустенітного класу на основі нікелю в повній мірі володіють даною властивістю. Наплавлювальні матеріали повинні володіти також рядом технологічних властивостей, а саме [2, 6]:

- забезпечувати гарне формування наплавленого валика;
- гарну віддільність шлакової кірки;
- якомога меншу швидкість утворення тріщин в наплавленому металі; хорошу оброблюваність різанням.

В якості наплавлювальних матеріалів, використовуваних для відновлення і зміцнення виробів, що працюють при високих температурах, найчастіше застосовуються сплави на основі алюмінію, магнію, міді, заліза, нікелю, кобальту, хрому [1, 6].

В роботі [7] розглянуто порівняння скла до пластику, яке може бути продовжено на основі методу виготовлення. Два основних способи виробництва прес-форм – лиття під тиском для пластмас та формування прецизійного скла. На сьогоднішній день на ринку є понад 200 різних сортів формованого скла для прес-форм, тоді як вибрати можна лише декілька оптичних типів.

В роботі [8] розглянуто характеристики мікропроменевого плазмово-дугового порошкового наплавлення для відновлення прес-форм, а також дослідження основних технологічних параметрів. Обговорюються фактори впливу на формування зносостійкості та перераховано декілька типових застосувань цієї нової та передової технології.

В [9] розглянуто етапи відновлювальної системи від початку до досягнення потрібного наплавлення. Запропоновано та впроваджено створення вдосконалених систем на основі абсолютно автоматичного наповнення МІГ через робототехніку, передові інформаційні технології, технології відновлення виробництва, та управління шляхом контролю за попередньою обробкою та оптимізацією, щоб мінімізувати час. Основні етапи цих систем включають:

- 1) використання візуального датчика;
- 2) перебудова криволінійної поверхні на основі даних контурів та об'єднаної моделі об'єктів САПР;
- 3) побудова моделі відновлювального виробництва на основі моделі об'єктів матеріалу САПР та проектування процесу відновного виробництва;
- 4) здійснення переробки деталей обробки за технологією наплавлення МІГ.

В роботі [10] розглянуто нову передову технологію плазма-МІГ наплавлення. Коротко вказуються характеристики наплавлення та використовуваного устаткування при дослідженні основних технологічних параметрів, обговорюються фактори впливу на формування зносостійкої поверхні. Також перераховуються декілька типових застосувань цієї нової та передової технології.

Таким чином, результати аналізу дозволяють зробити висновок про те, що знос поверхневого шару прес-форм для скла відбувається нерівномірно – нерідко має місце полосчатий знос. Причиною такого зносу може бути наявність ділянок наплавленого металу з різною структурою і твердістю. Такі ділянки спостерігаються при багатшаровому наплавленні легованих сталей.

5. Методи досліджень

Способом плазми-МІГ були наплавлені зразки розробленого порошкового дроту. Зразки наплавляли в 2 шари з різним перекриттям сусідніх валиків при кроці наплавлення 8, 12, 16 мм.

При всіх варіантах наплавлення спостерігалася мартенситно-аустенитна структура наплавленого металу. А в структурі всіх зразків – загальна закономірність: на краях кожного наплавленого валика (по всьому периметру) аустеніту було більше, ніж в центральних областях поперечного перерізу валика. У центрі він розташований невеликими прошарками між мартенситом, на краю – великими острівцями. Однак і в центрі наплавленого валика співвідношення мартенситу і аустеніту було різним, розрізнялася також і морфологія цих структурних складових в окремих мікроділянках. Це пояснюється нестабільністю термічного циклу наплавлення, що в свою чергу впливає не тільки на швидкість охолодження металу, але і на хімічний склад його в окремих мікрооб'ємах.

На зразках з різним кроком наплавлення мікротвердість ділянки, збагачена аустенітом, трохи нижче мікротвердості всього шару (4,4 і відповідно

5,2 кН/мм²); мікротвердість структурних складових – мартенситу 4,5...4,8 кН/мм², аустеніту 2,8...3,0 кН/мм².

З метою виявлення в швах мікрохімічної і структурної неоднорідності використовували методику травлення зразків у омеднюючих розчинах різної концентрації і розчинах пікринової кислоти з синтола. Остання методика використовувалася також для виявлення первинної структури наплавленого валика. Вторинну структуру валика досліджували після травлення полірованих зразків в ніталі.

Така неоднорідність структури і нерівномірний розподіл твердості в наплавленому металі є результатом теплового впливу дуги при наплавленні наступних валиків поруч з попереднім з частковим їх перекриттям. Причому температура нагріву певної ділянки в попередньому валику по його перетину залежить від його розташування щодо лінії сплавляння валиків.

З метою встановлення впливу структури на схильність до утворення тріщин був проведений металографічний аналіз зразка, вирізаного з робочого шару наплавленої прес-форми після її експлуатації. Структура наплавленого металу представляє собою грубоігольчатий мартенсит з острівцями залишкового аустеніту. Слід зазначити, що у цього зразка структура більш груба, ніж у зразків, наплавлених в лабораторних умовах, а поверхневий шар вражений тріщинами. Спостерігається безліч мікротріщин, що з'явився в результаті розпалу.

6. Результати дослідження

Результати металографічних досліджень підтвердили наявність в наплавленому металі наступних структурних складових: залишковий аустеніт, мартенсит і евтектики, що утворюється на межі первинної структури (рис. 1). Аналіз результатів досліджень хімічної неоднорідності в зразку наплавленого металу показав, що в зразках, вирізаних з прес-форм, що знаходяться в експлуатації, є хімічна неоднорідність, пов'язана з наявністю різних структурних складових. У вихідних зразках характер хімічної неоднорідності аналогічний. Однією з причин появи тріщин в наплавленому металі може бути утворення окремих широких прикордонних зон поблизу поверхні, яка перебувала в безпосередньому контакті з гарячим металом при роботі прес-форми.

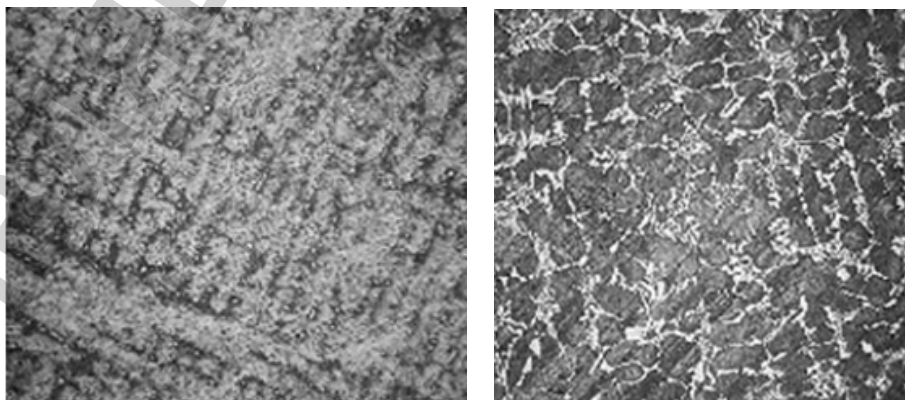


Рис. 1. Мікроструктура досліджуваних зразків

Проведені дослідження показали, що для забезпечення рівномірної твердості по перетину наплавленого шару метал наплавлення слід вести з мінімальним кроком.

З метою зменшення ширини ділянок евтектики, що виділяється по границі зерен, а значить і зменшення ймовірності утворення тріщин в наплавленому шарі, наплавку слід проводити на мінімальному струмі. Це дозволяє істотно підвищити швидкість кристалізації наплавленого металу [2].

Хімічний склад наплавленого металу: Cr – 12,2–13,2 %; Ni – 11,4–11,9 %; Mn – 0,8–1,2 %; Cu – 1,9–2,1 %; Al – 0,8–1,2 %; Be – 0,6–0,8 %.

При плазма-МІГ наплавленні розробленого порошкового дроту на оптимальному робочому режимі отримані наступні зварювально-технологічні показники:

- коефіцієнт наплавлення $\alpha_H=16-19$ г/А·ч;
- втрати на угар і розбризкування $\psi_{у.р}=4-5$ %;
- вихід придатного металу $K_B=91$ %.

Наплавлений метал задовільно обробляється твердосплавним інструментом і має достатню зносостійкість для збереження необхідного профілю пресформи в процесі її експлуатації.

Наплавлення проводилося на розробленому обладнанні (рис. 2), що забезпечує:

- оптимальні умови проведення процесу (як при плазмовому наплавленні в автоматичному, так і в напівавтоматичному режимах);
- збільшення продуктивності наплавлення;
- поліпшення якості наплавленого металу (за рахунок зниження в ньому частки основного металу);
- ліквідацію прожогів оболонки порошкового дроту при одночасному здешевленні існуючих установок.

Поставлена мета досягається тим, що в якості джерела живлення плазмової дуги застосовується силовий трифазний трансформатор. Живлення плазмової дуги змінним трифазним струмом дозволяє відмовитися від випрямляча [11, 12].

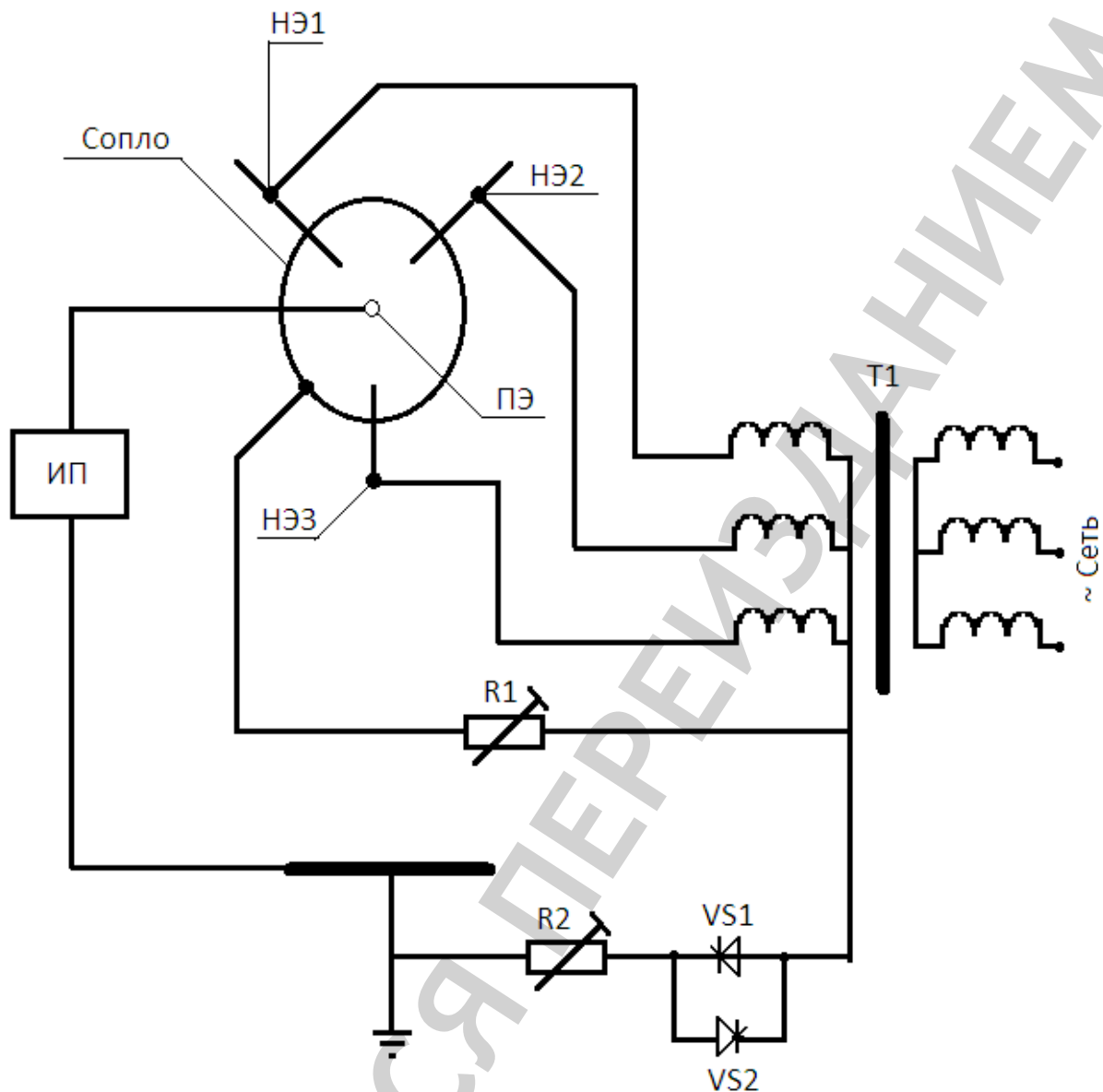


Рис. 2. Принципова схема розробленої установки для плазма-МІГ наплавлення порошковим дротом:

ИП – джерело живлення; НЭ1, НЭ2, НЭ3 – електроди, які не плавляться;
 ПЭ – електрод, який плавиться; Т1 – трифазний трансформатор;
 R1, R2 – резистори; VS1, VS2 – діоди

При роботі установки відбувається рівномірне нагрівання електрода трифазної дуги, який плавиться. Це дозволяє застосовувати установку не тільки для автоматичного, але і для напівавтоматичного зварювання – наплавлення, коли електрод, який плавиться не має прямолінійну форму, а установка плавлячого пристрою на ручному пальнику неможлива. На поверхні електрода, який плавиться періодично виникають активні плями дуг, що збільшує ефективність нагріву електрода, який плавиться, прискорює його плавлення і призводить до збільшення частки електродного металу в наплавленому валику [11, 12].

Зменшенню глибини проплавлення основного металу сприяє і те, що струм дуги, що горить між електродами, які плавляться і виробом, малий, а з сопла плазмотрона виходить потік сильно іонізованого газу від дуг, що горять всере-

дині плазмотрона. Це призводить до того, що дуга електрода, який плавиться, горить в умовах вимушеної іонізації з надлишком вільних носіїв зарядів. У цих умовах забезпечується її розширення, охоплення дугою більшої площі поверхні наплавляемого виробу, зниження щільності теплового потоку в виріб. В результаті виходить наплавлений валик великої ширини з малою глибиною проплавлення основного металу [13].

При проведенні наплавочних робіт порошковими дротами повітря виробничих приміщень забруднюється різного роду шкідливими для здоров'я людини виділеннями. Склад і кількість шкідливих речовин визначається, як правило, складом сердечника порошкових дротів. Для виявлення концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони було проведено ряд досліджень, при якому визначалося кількість і склад шкідливих виділень, що утворюються при наплавленні розробленим порошковим дротом. Відбір повітря здійснювався аспіраційним способом з використанням ротаметра ПРУ-4 (Росія). Результати проведених досліджень показали, що розроблений порошковий дріт для плазма-МІГ процесу наплавлення прес-форм поряд з високими технологічними показниками має хороші в екологічному відношенні показники.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Необхідно відзначити, що отримані результати збільшують працездатність прес-форм. Використання отриманих даних дозволяє вести наплавку з таким кроком, при якому забезпечується рівномірна твердість по перетину наплавленого шару металу.

Weaknesses. Слабкі сторони даного дослідження полягають у тому, що необхідні обчислення для забезпечення рівномірної твердості по перетину наплавленого шару металу трудомісткі.

Opportunities. При впровадженні на підприємстві результатів даного дослідження збільшується працездатність прес-форм, а значить будуть меншими трудовитрати, витрати енергії та матеріалів на виготовлення нових прес-форм.

Threats. Складнощі у впровадженні отриманих результатів дослідження пов'язані з двома основними факторами. Перший з них – матеріальні витрати на матеріали для досягнення необхідної твердості та забезпечення необхідної працездатності. Другий фактор – при проведенні наплавочних робіт порошковими дротами повітря виробничих приміщень забруднюється різного роду шкідливими для здоров'я людини виділеннями. Тому необхідне застосування ротаметрів.

8. Висновки

1. Встановлено, що при відновленні прес-форм, які працюють при термоциклічних навантаженнях, для забезпечення рівномірної твердості по перетину наплавленого шару металу наплавку слід вести з мінімальним кроком на оптимальному робочому режимі: $\alpha_H=16-19$ г/А·ч; $\psi_{y,p}=4-5$ %; $K_B=91$ %

2. Експериментально доведено, що з метою зменшення ширини ділянок евтектики, що виділяється по межах зерен, а значить і зменшення ймовірності утворення тріщин в наплавленому шарі, плазма-МІГ наплавлення на розробленій установці слід проводити на мінімально можливому струмі $I=75-90$ А.

Література

1. Vlasov, A. F. Naplavlennia [Text]: Handbook / A. F. Vlasov, V. D. Kuznetsov, N. O. Makarenko, O. A. Bohutskiy. – Kramatorsk, 2010. – 332 p.
2. Chyharov, V. V. Doslidzhennia strukturnoi neodnorodnosti naplavlennoho metalu i yii vplyv na pratsezdatnist pres-form [Text] / V. V. Chyharov, N. O. Makarenko, K. A. Kondrashov // Pratsi 11 Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii «Suchasni problemy elektrometalurhii stali». – 2001. – P. 102–103.
3. Makarenko, N. O. Udoskonalennia plazmotrona i ustanovky dlia plazmovoho naplavlennia [Text] / N. O. Makarenko // Avtomaticheskaiia svarka. – 1998. – № 1. – P. 40–43.
4. Makarenko, N. Vosstanovlenie i ukreplenie shtampov i press-form [Text] / N. Makarenko, K. Kondrashov // Sovershenstvovanie protsessov i oborudovaniia obrabotki davleniem v metallurii i mashinostroenii. – 2001. – P. 101–103.
5. Makarenko, A. Issledovanie strukturnoi neodnorodnosti naplavlennogo metalla i ego vliianie na rabotosposobnost' press-form [Text] / A. Makarenko, V. Chigariov, K. Kondrashov // Tezisy dokladov XI mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. – Cheliabinsk, 2001. – P. 102–103.
6. Makarenko, A. Preimushchestva ukrepleniia i vosstanovleniia press-form dlia stekla sposobom plazma-MIG naplavki [Text] / A. Makarenko, A. Kornienko, K. Kondrashov // Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii «Inzheneriia poverhnosti i renovatsiia izdelii». – Feodosiia, 2001. – P. 126–128.
7. North, R. W. Molded curved drums and molds therefor [Text] / R. W. North // The Journal of the Acoustical Society of America. – 1980. – Vol. 67, № 6. – P. 2132–2132. doi:[10.1121/1.384363](https://doi.org/10.1121/1.384363)
8. Zu-bao, Z. Micro-beam plasma arc powder surfacing [Text] / Z. Zu-bao // Advances in Thermal Spraying. – Elsevier, 1986. – P. 727–736. doi:[10.1016/b978-0-08-031878-3.50080-0](https://doi.org/10.1016/b978-0-08-031878-3.50080-0)
9. Zhu, S. Remanufacturing system based on totally automatic MIG surfacing via robot [Text] / S. Zhu, Y. Guo, P. Yang // Journal of Central South University of Technology. – 2005. – Vol. 12, № 2. – P. 129–132. doi:[10.1007/s11771-005-0024-y](https://doi.org/10.1007/s11771-005-0024-y)
10. Zu-bao, Z. Micro-beam plasma arc powder surfacing [Text] / Z. Zu-bao // Advances in Thermal Spraying. – 1986. – P. 727–736. doi:[10.1016/b978-0-08-031878-3.50080-0](https://doi.org/10.1016/b978-0-08-031878-3.50080-0)
11. Ustanovka dlia plazmovoho naplavlennia [Text]: Patent of Ukraine № 58462A: MKI V23K9/04 / Chyharov V. V., Makarenko N. O., Kondrashov O. V., Hranovskiy O. V., Hranovskiy M. O. – Appl. № 20021210534; Filed 24.12.2002; Publ. 15.07.2003, Bull. № 7. – 5 p.
12. Zvariuvalna ustanovka [Text]: Patent of Ukraine № 41618: MKI V23K9/00 / Chyharov V. V., Makarenko N. O., Kondrashov K. O., Hranovskiy O. V. – Appl. № 2000116282; Filed 07.11.2000. Publ. 17.09.2001. – Bull. № 8. – 4 p.
13. Ustanovka plazmovoho naplavlennia [Text]: Patent of Ukraine № 47627A MKI V23K10/10: MKI V23K10/10 / Chyharov V. V., Makarenko N. O., Kondrashov K. O., Hranovskii M. O. – Appl. № 2001053573; Filed 15.05.2001; Publ. 15.07.2002, Bull. № 7. – 4 p.