

5 (141) 2021

Журнал выходит 6 раз в год.
Издается с апреля 1998 г.
Подписной индекс 22405

Журнал награжден Почетной
грамотой и Памятным знаком
Кабинета Министров Украины

СВАРЩИК^{ИТК}

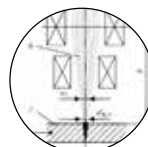
Производственно-технический журнал

№ 5 2021
сентябрь-октябрь

ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВО
РЕМОНТ

СОДЕРЖАНИЕ

Поздравляем	4
Новости науки и НАН Украины	5
Процессы сварки и родственных технологий с вакуумной защитой	
Роль вакуума в процессах сварки и родственных технологий. <i>Г.И. Лашенко</i>	6
Технологии ремонта	
Ремонт корпуса бойка ковочного прессы усилием 5000 тс. Часть 2. Применение электрошлаковой сварки в ремонтных работах. <i>В.М. Литвинов, А.Е. Мерзляков, С.Н. Косинов, А.А. Задорожный, А.В. Щербак</i>	13
Оценка свариваемости изделий базовых деталей, подвергаемых ремонтной сварке. Опыт Уралмашзавода. <i>В.И. Панов</i>	16
Оборудование для производства	
Полуавтомат для кислородной резки металлических заготовок большой толщины. <i>В.М. Литвинов, А.Е. Мерзляков, С.Н. Косинов, А.А. Задорожный</i>	20
Оборудование для электродуговой металлизации	
Модернизация комплекса для электродуговой металлизации КЭМ-1 и его использование при отработке технологии для нанесения покрытий. <i>С.В. Крылов, А.Н. Шалашный</i>	25
Новые сварочные процессы и оборудование	
Благодаря новому сварочному процессу MicorTwin от компании Lorch соединять сложные внешние швы теперь можно вдвое быстрее	26
Инновации и роботизация промышленного производства	
Технологические инновации компании Triada-Welding	28
Вытяжные устройства для удаления сварочного дыма	
Удаление сварочного дыма при помощи вытяжной техники марки KEMPER	30
Охрана труда и здоровья	
Swiss Air – новая система защиты дыхания от Optrel	31
Выставки	
XIII Международная специализированная выставка. Киевская Техническая Ярмарка	37
Подготовка кадров в ПТУ и центрах ПТО	
Влияние магнитного поля и перспективы его использования в сварке	39
Интеллектуальная собственность для науки и промышленности	
Ноу-хау и коммерческая тайна с точки зрения интеллектуальной собственности: что общего, в чем разница, как эффективно воспользоваться. <i>И.В. Бернадская</i>	40
Мемуары о Б.Е. Патоне	
Стратегия Б.Е. Патона в информационной борьбе за приоритет. <i>А.Н. Корниенко</i>	44
Вклад ИЭС им. Е.О. Патона в научно-технический прогресс.	
Памяти Б.Е. Патона	
Сварка и родственные технологии – боевому ракетостроению. Часть 6. Боевые ракетные комплексы третьего поколения. Новая стратегия стимулирует развитие электроники. <i>Л.М. Лобанов, А.Н. Корниенко</i>	48
Все для сварки. Торговый Ряд	54



Вітаємо	4
Новини науки і НАН України	5
Процеси зварювання та споріднених технологій з вакуумним захистом	6
• Роль вакууму в процесах зварювання та споріднених технологій. Г.І. Лашенко	6
Технології ремонту	13
• Ремонт корпусу бойки кувалдового преса зусиллям 5000 тс. Частина 2. Застосування електрошлакового зварювання в ремонтних роботах. В.М. Литвинов, А.Е. Мерзляков, С.Н. Косінов, А.А. Задорожний, А.В. Щербак	13
Оцінка зварюваності при ремонтному зварюванні	16
• Оцінка зварюваності виробів базових деталей, що піддаються ремонтному зварюванню. Досвід Уралмашзавода. В.І. Панов	16
Обладнання для виробництва	20
• Напівавтомат для кисневого різання металевих заготовок великої товщини. В.М. Литвинов, А.Е. Мерзляков, С.Н. Косінов, А.А. Задорожний	20
Обладнання для електродугової металізації	25
• Модернізація комплексу для електродугової металізації КЕМ-1 і його використання при відпрацюванні технології для нанесення покриттів. С.В. Крилов, А.Н. Шалашний	25
Нові зварювальні процеси і обладнання	26
• Завдяки новому зварюальному процесу MicorTwin від компанії Lorch з'єднувати вимогливі зовнішні шви тепер можна вдвічі швидше.	26
Інновації і роботизація промислового виробництва	28
• Технологічні інновації компанії Triada-Welding.	28
Витяжні пристрої для видалення зварювального диму	30
• Видалення зварювального диму за допомогою витяжної техніки марки KEMPER.	30
Охорона праці і здоров'я	31
• Swiss Air – нова система захисту дихання від Optrel	31
Виставки	37
• XIII Міжнародна спеціалізована виставка. Київський Технічний Ярмарок.	37
Підготовка кадрів в ПТУ і центрах ПТО	39
• Вплив магнітного поля і перспективи його використання в зварюванні.	39
Інтелектуальна власність для науки та промисловості	40
• Ноу-хау і комерційна таємниця з точки зору інтелектуальної власності: що спільного, у чому різниці, як ефективно скористатись. І.В. Бернадська	40
Мемуари про Б.Є. Патона	44
• Стратегія Б.Є. Патона в інформаційній боротьбі за пріоритет. О.М. Корнієнко.	44
Внесок ІЗЗ ім. Є.О. Патона в науково-технічний прогрес. Пам'яті Б.Є. Патона	48
• Зварювання та споріднені технології – бойовому ракетобудуванню. Частина 6. Бойові ракетні комплекси третього покоління. Нова стратегія стимулює розвиток електроніки. Л.М. Лобанов, О.М. Корнієнко.	48
Все для зварювання. Торговий Ряд	54
CONTENT	
Congratulations	4
News of science and NAS of Ukraine	5
Vacuum protected welding and related technologies	6
• The role of vacuum in welding processes and related technologies. G.I. Laschenko.	6
Repair technology	13
• Repair of the body of the striker of a forging press with a force of 5000 tf. V.M. Litvinov, A.E. Merzlyakov, S.N. Kosinov, A.A. Zadorozhny, A.V. Shcherbak.	13
Assessment of weldability during repair welding	16
• Assessment of the weldability of products of basic parts subjected to repair welding. Experience of Uralmashzavod. V.I. Panov	16
Equipment for the production	20
• Oxy-fuel cutter RKVD for melting of defects on forgings during their manufacture. Semiautomatic machine for oxygen cutting of thick metal workpieces. V.M. Litvinov, A.E. Merzlyakov, S.N. Kosinov, A.A. Zadorozhny	20
Equipment for electric arc metallization	25
• Modernization of the complex for electric arc metallization KEM-1 and its use in the development of technology for coating. S.V. Krylov, A.N. Shalashny.	25
New welding processes and equipment	26
• Thanks to the new MicorTwin welding process from Lorch joining complex external welds can now twice as fast	26
Innovation and robotization of industrial production	28
• Triada-Welding technological innovation	28
Extraction devices for removing welding fumes	30
• Extraction of welding fumes with KEMPER extraction technology	30
Occupational safety and health	31
• Swiss Air – the new breathing protection system from Optrel	31
Exhibitions	37
• XIII International Specialized Exhibition. Kiev Technical Fair	37
Training in vocational schools & centers	39
• The influence of the magnetic field and the prospects for its use in welding	39
Intellectual property for science and industry	40
• Know-how and trade secrets in terms of intellectual property: what is common, what is the difference, how to use it effectively. I.V. Bernadskaya	40
Memoirs about B.E. Paton	44
• B.E. Paton's strategy in the information struggle for priority. A.N. Kornienko	44
Contribution of the E.O. Paton EWI in scientific and technological progress. In memory of the B.E. Paton	48
• Welding and related technologies – for combat rocketry. Part 6. Combat missile systems of the third generation. The new strategy is driving the development of electronics. L.M. Lobanov, A.N. Kornienko	48
All for welding. Trading row	54

Учредители

Институт электросварки
им. Е. О. Патона НАНУ,
Общество с ограниченной
ответственностью
«Технопарк ІЗС им. Е. О. Патона»

Издатель

Научно-технический комплекс
«ІЗС им. Е. О. Патона» НАНУ

Информационная поддержка:

Общество сварщиков Украины
Журнал «Автоматическая сварка»
Национальный технический
университет Украины «КПИ»

Журнал издается
при содействии UNIDO



Главный редактор

В. Д. Позняков

Зам. главного редактора

В. Г. Абрамишвили

Редакционная коллегия

В. А. Белинский, Ю. К. Бондаренко,
А. В. Вавилов, Ю. В. Демченко,
В. М. Илюшенко, Г. И. Лашенко,
О. Г. Левченко, В. М. Литвинов,
Л. М. Лобанов, А. А. Мазур,
В. И. Панов, П. П. Проценко,
С. В. Пустовойт, И. А. Рязцев,
А. А. Сливинский

Редакционный совет

С. Ю. Максимов (председатель),
И. В. Кривцун, В. Н. Проскудин,
Н. В. Высокопаян, П. А. Косенко,
М. А. Лактионов, Я. И. Микитин

Редактор

В. Г. Абрамишвили

Верстка

Д. И. Середа

Адрес редакции

03150, Киев, ул. Антоновича, 62 Б,
03150, Киев, а/я 337

Тел./факс

+380 44 200 80 14

E-mail

welder.kiev@gmail.com

URL

http://www.welder.stc-paton.com/

Представительство
в Беларуси

Минск, УП «Белгазпромдиагностика»
А. Г. Стешиц
+375 17 210 2448, ф. 205 0868

Представительство
в России

Москва, ООО «Специальные
сварочные технологии»
В. В. Сипко
+7 903 795 18 49
e-mail: ctt94@mail.ru

За достоверность информации и содержание рекламы
ответственность несут авторы и рекламодатели.
Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией
редакции.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.
Редакция оставляет за собой право редактировать и
сокращать статьи. Переписка с читателями — только
на страницах журнала. При использовании материалов в
любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 18.10.2021. Формат 60х84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Гарнитура PetersburgC. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.

Зак. № 40123 от 11.10.2021. Тираж 900 экз.

Печать: ЧП «ИТЕК СЕРВИС», 2021.

Киев, ул. Шахтерская, 9. Тел./ф. (044) 591 1012, 591 1013.

© НТК «ІЗС им. Е. О. Патона» НАНУ, 2021

Подписка-2021
на журнал «Сварщик»
в каталоге «Укрпочта»
Подписной индекс
22405

Роль вакуума в процессах сварки и родственных технологий.

Г.И. Лащенко

Рассмотрены металлургические и технологические особенности способов сварки и родственных процессов с применением вакуумной защиты. Показано, что вакуум не только является защитной средой, предохраняющей металл от действия атмосферы, но он ускоряет и более полноценно завершает термодинамические и кинетические процессы, протекающие в расплавленном и нагретом металле. Вакуум способствует увеличению проплавления при электронно-лучевой и лазерной сварке, радикально улучшает физико-механические и служебные характеристики сварных, паяных соединений и покрытий различных металлов и сплавов. Можно прогнозировать расширение дальнейшего применения и развития вакуумной защиты для решения сложных технических и технологических задач как в земных, так и в космических условиях.

Ремонт корпуса бойка ковочного пресса усилием 5000 тс. Часть 2. Применение электрошлаковой сварки в ремонтных работах.

В.М. Литвинов, А.Е. Мерзляков, С.Н. Косинов, А.А. Задорожный, А.В. Щербак

Во второй части статьи представлен технологический процесс электрошлаковой сварки (ЭШС) корпуса бойка ковочного пресса усилием 5000 тс. На НКМЗ при эксплуатации пресового оборудования периодически выходит из строя и другие детали: «кузнечный боек», захват «ласточкин хвост» корпуса, «поперечина» с приваренной П-образным швом вставкой, и «боек» с глухим пазом, работающие при больших знакопеременных нагрузках. Сначала возникают сквозные трещины, затем деталь разрывает на две части. Разработана и внедрена технология ремонта этих деталей с помощью кислородной резки металлов большой толщины и ЭШС. Представлены фотографии наиболее характерных моментов ремонта.

Оценка свариваемости изделий базовых деталей, подвергаемых ремонтной сварке. Опыт Уралмашзавода.

В.И. Панов

Оценка свариваемости материалов – сложный показатель условий образования горячих (ГТ) и холодных трещин (ХТ), она является серьезной технологической задачей обеспечения прочности сварных конструкций при их изготовлении и эксплуатации. Большое значение имеют знания, опыт и личные качества лица (склонность к риску и др.), принимающего то или иное технологическое решение при выполнении сварочных ремонтных работ, которые требуют учета влияния этих сложных явлений.

Полуавтомат для кислородной резки металлических заготовок большой толщины.

В.М. Литвинов, А.Е. Мерзляков, С.Н. Косинов, А.А. Задорожный

Разработан полуавтомат ПАКР для кислородной резки металлических заготовок большой толщины. Он состоит из ручного резака, в конструкцию которого внесены следующие изменения: убраны регулировочные вентили и рычажный клапан для включения - выключения режущего кислорода, вместо них на рукоятке резака предусмотрены 2 микропереключателя для управления электромагнитными клапанами, расположенными отдельно в блоке управления полуавтомата. Кроме резака и блока управления, в состав полуавтомата входят: узел подключения полуавтомата к цеховым магистралям рабочих газов и резиноканавые рукава, соединяющие цеховые магистрали и блок управления, а также блок управления и кислородный резак. Приведены технические характеристики резака, описаны его устройство и работа, представлены чертежи основных узлов и деталей, имеющих расчетные каналы. На конкретных примерах показана работа резака. Качество поверхности реза проиллюстрировано фотографиями.

Роль вакуума в процессах зварювання та споріднених технологій.

Г.І. Лащенко

Розглянуто металургійні та технологічні особливості способів зварювання і споріднених процесів із застосуванням вакуумної захисту. Показано, що вакуум не лише є захисним середовищем, що оберігає метал від дії атмосфери, але він прискорює і більш повноцінно завершує термодинамічні і кінетичні процеси, що протікають в розплавленому і нагрітому металі. Вакуум сприяє збільшенню проплавлення при електронно-променевому і лазерному зварюванні, радикально покращує фізико-механічні та службові характеристики зварних, паяних з'єднань і покриттів різних металів і сплавів. Можна прогнозувати розширення подальшого застосування і розвитку вакуумної захисту для вирішення складних технічних і технологічних завдань як в земних, так і в космічних умовах.

Ремонт корпусу бойка куваленого преса зусиллям 5000 тс. Частина 2. Застосування електрошлакового зварювання в ремонтних роботах.

В.М. Литвинов, А.Е. Мерзляков, С.Н. Косинов, А.А. Задорожний, А.В. Щербак

У другій частині статті представлений технологічний процес електрошлакового зварювання (ЕШЗ) корпусу бойка куваленого преса зусиллям 5000 тс. На НКМЗ при експлуатації пресового обладнання періодично виходить з ладу і інші деталі: «ковальський бойок», захват «ластівчин хвіст» корпусу, «поперечина» з привареною П-образним швом вставкою, і «бойок» з глухим пазом, що працюють при великих знакозмінних навантаженнях. Спочатку виникають наскрізні тріщини, потім деталь розриває на дві частини. Розроблено та впроваджено технологію ремонту цих деталей за допомогою кисневого різання металів великої товщини і ЕШЗ. Представлені фотографії найбільш характерних моментів ремонту.

Оцінка зварюваності виробів базових деталей, що піддаються ремонтному зварюванню. Досвід Уралмашзавода.

В.І. Панов

Оцінка зварюваності матеріалів - складний показник умов утворення гарячих (ГТ) і холодних тріщин (ХТ), вона є серйозним технологічним завданням забезпечення міцності зварних конструкцій при їх виготовленні і експлуатації. Велике значення мають знання, досвід і особисті якості особи (схильність до ризику та ін.), що приймає те або інше технологічне рішення при виконанні зварювальних ремонтних робіт, які вимагають врахування впливу цих складних явищ.

Напівавтомат для кисневого різання металевих заготовок великої товщини.

В.М. Литвинов, А.Е. Мерзляков, С.Н. Косинов, А.А. Задорожний

Розроблено напівавтомат ПАКР для кисневого різання металевих заготовок великої товщини. Він складається з ручного резака, в конструкцію якого внесені наступні зміни: прибрані регульовальні вентилі і важільний клапан для включення - виключення ріжучого кисню, замість них на рукоятці резака передбачені 2 мікроперемикача для управління електромагнітними клапанами, розташованими окремо в блоці управління напівавтомата. Крім резака і блоку управління, до складу напівавтомата входять: вузол підключення напівавтомата до цехових магістралей робочих газів і гумовотканинний рукав, що з'єднують цехові магістралі і блок управління, а також блок управління і кисневий резак. Наведено технічні характеристики резака, описані його пристрій і робота, представлені креслення основних вузлів і деталей, що мають розрахункові канали. На конкретних прикладах показано роботу резака. Якість поверхні різки проілюстровано фотографиями.

Юрію Миколайовичу Каховському – 75 років!



6 жовтня 2021 р. виповнилося 75 років Юрію Миколайовичу Каховському, відомому українському вченому в галузі матеріалознавства та зварювання високолегованих сталей.

В 1971 році він закінчив «Київський Політехнічний Інститут», отримавши кваліфікацію Інженера-механіка за спеціальністю «Устаткування і технологія зварювального виробництва». В 1975 р. захистив дисертацію на ступінь кандидата технічних наук.

З 1969 р. є співробітником Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, а саме відділу № 19 «Металургії і технології зварювання високолегованих сталей і сплавів». Під час науково-дослідницької діяльності провів цілу низку теоретичних та фундаментальних досліджень в галузі технологій і металургії зварювання, результати яких стали складовою частиною сучасного рівня науки та потужною платформою для створення зварювальних матеріалів.

За час роботи в Інституті Каховський Ю.М. розробив понад 30 нових марок покритих електродів, порошкових дротів, дротів суцільного перерізу, керамічних та плавлених флюсів для наплавлення і зварювання різних сталей і сплавів.

Вніс вагомий вклад в хімічне та теплоенергетичне машинобудування. Розроблений ним зварювальний дріт марки Св-01Х19Н18Г10АМ4 (ЭП-690), забезпечує можливість зварювання Cr-Ni-Mo аустенітних сталей однофазним стабільно аустенітним швом з підвищеною технологічною міцністю, і нині застосовується на підприємствах України та країн східної Європи. Результатом подальших досліджень став розроблений ряд нових покритих електродів марок АНВ-17, АНВ-17у, АНВ-18, АНВ-65у, АНВ-35МК та порошковий самозахисний дріт марки АНВ-12 (08Х20Н9Г2Б).

Каховський Ю.М. провів ряд досліджень для гірничо-добувної галузі. Для сталі 110Г13Л (Гад-

фільда), яка практично не піддавалася зварюванню, розроблено технологію механізованого та ручного дугового зварювання, створено порошкові самозахисні зварювальні дроти марок ПП-АНВ-2у та 2ум, наплавочні дроти ПП-АНВ-2у/2 та 2ун, а також електроди АНВ-66, які більш ніж 25 років використовуються для зварювання та ремонту ковшів екскаваторів вітчизняного і закордонного виробництва, траків гусениць, черпаків драг тощо.

Під його керівництвом було розроблено економічно-ефективну технологію ремонту робочих коліс КРК та інших елементів гідроагрегатів ГЕС, яка забезпечила підвищення якості ремонту та подовження міжремонтного терміну, а також зменшила вартість та тривалість ремонту. Розроблені наплавочні порошкові самозахисні дроти та покриті електроди марок АНВ-70Б, АНВ-70БГ впроваджені у виробництво при ремонті на Київській, Кременчуцькій та Каховській ГЕС.

За його безпосередньої участі досліджено особливості процесу підводного зварювання високолегованих корозійностійких сталей, вирішено проблемні питання зменшення газонасиченості металу шва, оптимізації газошлакостворюючої системи, забезпечення високих зварювально-технологічних характеристик дроту та підвищення стабільності процесу горіння дуги у водному середовищі. Розроблено обладнання та технологію зварювання, ряд спеціалізованих покритих електродів та самозахисний порошковий дріт малого діаметру марки ПП-АНВ-25.

Вчений активно розвиває та популяризує галузь зварювання серед молоді. Виховав ряд послідовників та займається підготовкою нових наукових кадрів.

Каховський Ю.М. – автор більш ніж 150 наукових праць і патентів на винаходи.

Послідовна творча праця Ю.М. Каховського відзначена науковою громадськістю численними нагородами НАН України та Почесною грамотою КМДА. З 2001 р. є Академіком Академії Будівництва України. В грудні 2018 р. указом Президента України Каховському Ю.М. присвоєно почесне звання «Заслужений машинобудівник України». В 2020 році нагороджений Відзнакою Національної академії наук України «За професійні здобутки».

Сердечно вітаємо Юрія Миколайовича Каховського зі славним ювілеєм, бажаємо йому доброго здоров'я, довголіття, благополуччя і всього самого найкращого!

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ,
Товариство зварників України,
НТК ІЕЗ ім. Є.О. Патона,
Редакція журналу «Сварщик»

●#2048

3D технології проти грипу, стафілококу, аденовірусу

Науковці створили матеріали, вироби з яких мають противірусну та антимікробну дію. Уявіть поверхню столу, приладу чи полички, до якої не можуть «причепитися» віруси й мікроби. Цей столик стане в пригоді в потязі, літаку, ракеті, медичному закладі, а поличка – у магазині чи складі. Створити матеріали для таких виробів і технології їх друку на 3D принтері вирішили вчені кількох науково-дослідних установ НАН та НАМН. У 2020 р. проєкт «Розробка нанокомпозитних полімерних біоматеріалів з ефективною противірусною та антимікробною дією і технології 3D друку виробів з них» переміг у конкурсі «Наука для безпеки людини і суспільства» Національного фонду досліджень України (НФДУ) і отримав грантове фінансування в розмірі понад 9 млн грн. Як же поєднуються зварювання і захист від інфекцій? І як виникла ідея створити матеріали з антивірусною та антимікробною дією?

Вразливі точки людства. Науковий керівник проєкту, зав. від. зварювання пластмас ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ Максим Юрженко відповів, що до вибору теми проєкту його команду підштовхнула пандемія, адже як би швидко не розвивалися технології, зокрема, фармацевтичні, людство залишається дуже вразливим до інфекційних захворювань, тому науковці й вирішили розробити нові матеріали з противірусною та антимікробною дією та технології їх виробництва. Вирішили: ось він, слушний момент здобути нові знання і допомогти забезпечити людей від інфекцій та вірусів. Звісно, написання заявки на конкурс НФДУ передували роки роботи у цій темі кожного члена команди: до неї увійшли науковці ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ, Інституту хімії високомолекулярних сполук НАНУ та Інституту мікробіології й вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ та ННЦ радіаційної медицини НАМН. Проєкт виконують док. хім. наук Валерій Демченко та Сергій Рябов, док. фіз.-мат. наук Євген Мамуня, док. техн. наук Максим Юрженко та 6 канд. наук. Серед останніх – канд. хім. наук Сергій Кобилінський та Аліна Вашук, канд. біолог. наук Кристина Науменко, Наталія Рибальченко, Олена Демченко та канд. техн. наук Ольга Масючок. П'ятеро виконавців є молодими науковцями.

Імена членів цієї команди добре знають у науковому світі. Професор Євген Мамуня, автор кількох всесвітньо відомих моделей щодо теорії перколяції, яка описує упорядкованість структури та стрибкоподібні зміни властивостей композитних матеріалів; Валерій Демченко, автор серії наукових праць у міжнародних журналах про розроблення мідь- та срібловмісних нанокомпозитів з ефективною антимікробною та противірусною дією; Максим Юрженко, співавтор новітньої конформаційної теорії зварювання полімерів – усі троє є лауреатами Державної премії України в галузі науки й техніки.

Новаторську тему виконують в унікальному місці: відділ зварювання пластмас єдиний в Україні працює

над з'єднанням полімерних матеріалів зварюванням та наплавленням (зокрема, 3D друк).

Нові знання – в новій лабораторії. До речі, коли науковці дізналися, що перемогли, то одразу, не чекаючи укладення договору з НФДУ, оголосили тендер на закупівлю обладнання, необхідного для виконання проєкту. – Часу було обмаль і ми вирішили ризикнути, – згадує М.В. Юрженко – Вдячний НФДУ, співробітникам ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ: виконавцю проєкту Валерію Демченку, менеджерам, бухгалтерам, постачальникам, юристам, які допомогли нам швидко провести тендер. Вартісне обладнання, яке ми придбали, стало основою нової наукової лабораторії з полімерного матеріалознавства. Ми також вдячні спеціалістам у різних галузях, які не є учасниками проєкту, але надають допомогу команді – канд. біолог. наук Світлані Загородній, канд. техн. наук Іллі Ключкову, канд. хім. наук Крістині Гусаковій, канд. техн. наук Андрію Пилипенку.

Від ідеї до виробництва. Від яких же інфекцій можуть захистити нові матеріали? Максим Юрженко розповів, що нові полімерні композитні наноматеріали повинні мати високу антимікробну й противірусну активність до низки патогенних мікроорганізмів та вірусів. На основі цих матеріалів створюються полімерні нитки (філаменти), а потім, за технологією 3D друку, виготовляються найрізноманітніші вироби. – Результати комплексних досліджень (мікробіологічні та цитологічні) і нових наноматеріалів, і 3D виробів з них, показали, що ми досягли цілі проєкту – отримали вироби з антимікробною та противірусною активністю до, наприклад, бактерій золотистого стафілококу, вірусів грипу H1N1 та аденовірусу, – з гордістю зазначив Максим Юрженко. – Хотіли б протестувати наші вироби і на здатність запобігати поширенню коронавірусу, але, на жаль, в Україні немає лабораторій з відповідним рівнем захисту щодо цього вірусу.

Дослідник переконаний, що розроблені наноматеріали й технології зацікавлять підприємства медичної та харчової галузей, будівельну промисловість і навіть авіа- та ракетобудування. І хоча наукові цілі проєкту досягнуто, для впровадження ідеї у виробництво потрібно ще багато чого зробити. Нині вчені працюють, наприклад, над спрощенням технологічних процесів масового виробництва розроблених наноматеріалів та філаментів. Кінцева мета – виготовлення за технологіями 3D друку виробів спеціального призначення та широкого вжитку. До речі, за результатами проєкту вже захищено дисертацію док. хім. наук та дві дисертації канд. техн. наук. ...

Світлана Галата,
www.paton.kiev.ua

●#2049

Роль вакуума в процессах сварки и родственных технологий *

Г.И. Лашенко, канд. техн. наук, НТК «ИЭС им. Е.О. Патона» НАНУ (Киев)

С философской точки зрения вакуум – это особый вид материи, обладающий свойствами вещества, энергии и являющийся своеобразным хранилищем информации о Вселенной.

Земному вакууму, т.е. вакууму, получаемому искусственным путем, также присущи свойства вещества и энергии. В зависимости от глубины вакуумирования эти свойства проявляются в большей или меньшей степени.

Различают низкий ($P > 1,33 \text{ Па}$), средний ($1,33 \times 10^{-3} < P < 1,33 \text{ Па}$) и высокий ($1,33 \times 10^{-3} > P > 1,33 \times 10^{-8} \text{ Па}$) вакуум. Давление $P < 1,33 \times 10^{-8} \text{ Па}$ соответствует сверхвысокому вакууму.

Хотя в переводе с латинского “vacuum” означает «пустота», он таковым не является. В вакуумных камерах всегда присутствует определенное количество остаточного кислорода и азота (табл. 1) [1].

Из данных табл. 1 видно, что по составу газов – примесей (кислороду и азоту) уже при давлении $1,33 \times 10^{-2} \text{ Па}$ среда в вакуумной камере превосходит лучший сорт чистого аргона (марки А), содержащий 0,003 об. % O_2 и 0,01 об. % N_2 . Таким образом технологические процессы с применением вакуума могут протекать в значительно более чистой среде по отношению к кислороду и азоту.

Влияние примесей на физико-механические свойства металлов и сплавов общеизвестно. Многие из примесей (не только O_2 и N_2) относятся к вредным, резко ухудшающим свойства металлических материалов. Практически все металлы в процессе очистки от примесей проявляют целый ряд новых свойств.

Разработка эффективных методов защиты от проникновения вредных примесей и удаление их в процессе получения и дальнейшей обработки металлов или сплавов продолжает оставаться одной из основных проблем современной металлургии, сварки, наплавки и нанесения покрытий.

В этом плане особый интерес представляют технологии, использующие вакуум как защитную среду

при решении различных задач. В металлургии вакуумная обработка жидкого металла осуществляется внепечными способами или в специальных вакуумных агрегатах [2]. Внепечная обработка получила широкое распространение для улучшения качества сталей. К ней относятся: вакуумирование в ковше; вакуумирование струи металла при переливании из ковша в ковш или при заливке в изложницу; вакуумирование порциями из открытого ковша; вакуумирование циркуляционным способом и комбинированные способы вакуумирования. Вакуумирование в печах осуществляется в процессе вакуумно-индукционной, вакуумно-дуговой и электронно-лучевой плавки (ВИП, ВДП и ЭЛП соответственно).

1. Металлургические процессы при вакуумной плавке.

Согласно законам термодинамики, понижение давления для реакции, протекающей с увеличением числа газовых молекул, приводит к снижению свободной энергии в данной системе, поэтому большинство реакций, очень медленных или вообще неосуществимых при атмосферном давлении, протекают достаточно полно в вакууме, при прочих равных условиях. Это дополнительное снижение свободной энергии, создаваемое в современных вакуумных агрегатах, может быть реализовано при плавке металлов в процессах дегазации, диссоциаций и испарения компонентов металлических растворов.

Одной из причин ухудшения многих физических свойств стали является наличие в ней неметаллических включений. Они снижают пластичность, ударную вязкость, износостойчивость, магнитную проницаемость в электротехнических и др. сталях. Присутствие же их в стали обусловлено в значительной степени процессами раскисления, конечными продуктами которых могут быть жидкие или твердые компоненты.

Среди элементов – раскислителей особое место занимает углерод, образующий при взаимодействии с окислами газообразные продукты реакции,

Таблица 1. Содержание газов в единице объема камеры при различных степенях вакуумирования

Давление, Па	Относительное содержание газов в единице объема, %	Содержание O_2 объем., %	Содержание N_2 объем., %
1,33x760 (атм.дав.)	100	20,1	79,9
$1,33 \times 1$	0,13	0,03	0,1
$1,33 \times 10^{-1}$	0,013	0,003	0,01
$1,33 \times 10^{-2}$	0,0013	0,0003	0,001
$1,33 \times 10^{-3}$	0,00013	0,00003	0,0001
$1,33 \times 10^{-4}$	0,000013	0,000003	0,00001

* Часть 1. Продолжение в след. номере журнала

которые удаляются из расплава и не загрязняют сталь. Это основное его преимущество как раскислителя. С понижением давления раскислительная способность углерода возрастает. Наиболее полно преимущество углерода как раскислителя выявляется в условиях вакуума, особенно при ЭЛП.

Присутствие в металлах и сплавах вредных примесей, в частности растворимых газов, значительно ухудшает их свойства. К числу таких газов относятся водород и азот.

Растворимость газов в металлах зависит от температуры и давления. Температурная зависимость выражается законом Аррениуса. Растворимость двухатомных газов в металлах в зависимости от давления описывается законом Сиверса:

$$[Г] = K \times \sqrt{P_{Г2}},$$

где $[Г]$ – содержание водорода или азота в металле; $P_{Г2}$ – давление водорода или азота, K – константа реакции растворения.

Процесс взаимодействия водорода с жидкими металлами имеет такие особенности:

- с медью, серебром, железом, никелем, кобальтом, вольфрамом, молибденом, хромом, алюминием и платиной водород образует растворы, причем растворимость увеличивается с повышением температуры и пропорциональна корню квадратному из величины давления;
- с редкоземельными элементами, а также с титаном, цирконием, торием, гафнием, ванадием, ниобием, танталом и палладием водород образует псевдогидриды типа MH_4 , MH_2 . Количество водорода, поглощаемого этими металлами, на 3-4 порядка выше, чем количество водорода, поглощаемого металлами предыдущей группы. Растворимость пропорциональна давлению и с повышением температуры уменьшается.

Азот заметно растворяется лишь в металлах, образующих нитриды (железо, марганец, алюминий, магний, бериллий, вольфрам, молибден, цирконий, тантал, хром, щелочные и щелочноземельные элементы). В никеле и меди азот практически не растворяется.

Низкое парциальное давление газов и регулируемый перегрев металла в установках ЭЛП способствует глубокой очистке металлов и сплавов от водорода. Например, при ЭЛП тантала содержание водорода уменьшается с 130×10^{-4} до 4×10^{-4} %, а ЭЛП циркония по сравнению с ВДП снижает содержание водорода в 8 раз [2].

Азот удаляется менее интенсивно и считается, что удаление азота при вакуумной обработке сплавов, не содержащих стойких нитридов, происходит путем испарения его с поверхности расплава и значительно ускоряется при кипении жидкого металла в результате всплывания пузырьков окиси углерода или продувки расплава инертными газами.

При ЭЛП металл с газами взаимодействует не только в расплаве, но и в газопаровой фазе. Взаимодействие металлов и газов в паровой фазе суще-

ственно повышает вакуум в плавильной камере и способствует удалению азота.

В условиях вакуумной плавки осуществляется также частичное или полное удаление примесей с высокой упругостью пара, т.е. протекают дистилляционные процессы. Упругость пара растворенного компонента определяется уравнением:

$$P_i = P^0 \times a_i,$$

где P_i – упругость пара компонента i в растворе; P^0 – упругость пара этого компонента в чистом виде; a_i – активность компонента в растворе.

В сочетании с другими металлургическими приемами вакуумирования, особенно при ЭЛП, способствует удалению серы, фосфора, которые обладают высокой упругостью паров.

Выше были рассмотрены основные термодинамические условия, определяющие направления протекания процессов рафинирования и возможные конечные состояния. Скорость этих процессов и время, необходимое для достижения равновесия, рассматривается в кинетике металлургических процессов. Эти вопросы применительно к вакуумному рафинированию подробно рассмотрены в монографии [2]. Там же проанализированы различные технологические схемы вакуумной обработки.

Характерный пример внепечных способов рафинирования – вакуумирования струи металла при разливке в изложницу. В вакуумную камеру помещают изложницу для слитка, создают вакуум порядка 1,33 Па и через промежуточный ковш заливают жидкий металл. При указанном способе обработки содержание водорода уменьшается на 60–70 %.

Содержание азота снижается на 20–40 %. В результате всплывания неметаллических включений и протекания реакции с углеродом уменьшается количество оксидных включений. Разливку в вакууме применяют при отливке слитков для крупных поковок: роторы турбин, валы турбогенераторов и др. С уменьшением содержания водорода, азота и неметаллических включений повышается пластичность литого металла, уменьшается склонность к образованию трещин и, как следствие, увеличивается выход годных поковок на 25–30 %. Уменьшение содержания водорода позволяет сократить на 30 % продолжительность последующей термообработки.

Более глубокое рафинирование жидкого металла, но с меньшей производительностью, получают при вакуумных индукционных и дуговых плавках. Увеличение перегрева жидкого металла и, особенно, времени выдержки способствует более полному удалению газов, серы, неметаллических включений, а также примесей с высокой упругостью пара (свинец, висмут, цинк, олово, мышьяк и др.).

Вакуумно-индукционную плавку выполняют в специальном тигле из огнеупорных материалов, помещенном в вакуумной камере. На внешней цилиндрической поверхности тигля расположен индуктор для нагрева. Плавку осуществляют в вакууме $6,65 \times 10^{-3}$ – $1,33 \times 10^{-2}$ Па.

Источником тепла при ВДП служит дуговой разряд между расходуемым электродом (катодом) и жидкой ванной в водоохлаждаемой изложнице (кристаллизаторе). Под воздействием тепла, выделяющегося в результате дугового разряда, расплавляется конец электрода и металл в виде отдельных капель стекает в кристаллизатор. Вакуум в камере составляет примерно $1,33 \times 10^{-3}$ Па, а в зоне плавления металла – около $1,33 \times 10^{-1}$ Па.

В табл. 2 на примере подшипниковой стали ШХ 15 показана степень рафинирования при ВИП, ВДП и ЭЛП [2].

При ВИП и ВДП общее содержание неметаллических включений уменьшается в 2–3 раза, а металлических примесей с высокой упругостью пара – в 1,5 – 2 раза. Снижение металлических примесей с высокой упругостью пара повышает жаропрочность, контактную и циклическую прочность металла как в литом состоянии, так и после соответствующих термопластических обработок.

Рафинирование жаропрочных сплавов при вакуумно-дуговой плавке сопровождается повышением пластичности и обрабатываемости металла. Вакуумно-дуговая плавка применяется также для получения достаточно чистых тугоплавких металлов и сплавов на их основе. При этом следует отметить, что вакуумные индукционные и дуговые плавки имеют ряд особенностей, ограничивающих возможность широкого регулирования процессов рафинирования и достижения минимального количества вредных примесей. Так, при ВИП футеровка тигля ограничивает возможность большого перегрева металла и длительность его выдержки, иногда служит источником загрязнений неметаллическими включениями. Кроме того, многие химически активные металлы и их сплавы весьма активно взаимодействуют с материалом тигля, для них полностью исключается применение ВИП.

При ВДП металл затвердевает в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе, не взаимодействующим с жидким металлом. Однако в дуговых вакуумных установках остаточное давление в зоне горения дуги должно быть не ниже десятых долей Па. Дальнейшее понижение давления приводит к нарушению стабильности горения дуги и самой плавки. Ограничена также длительность пребывания металла в жидком состоянии, т.е. нет возможности значительно перегреть ванну.

Указанных выше недостатков лишен способ вакуумной плавки с электронно-лучевым источником нагрева. В современных установках ЭЛП формирование слитка производится по методу непрерывной разливки в медный водоохлаждаемый кристаллизатор. Поверхность жидкой ванны расположена на верхнем уровне кристаллизатора, что создает наиболее выгодные условия для рафинирования. Нижний предел вакуума над кристаллизатором лимитируется лишь давлением паров самого металла или летучих примесей. Изменением интенсивности электронного потока можно гибко ре-

Таблица 2. Содержание примесей в стали ШХ 15 при различных способах плавки

Способ плавки	Содержание примесей, %		
	S	[O]	[N]
ВИП	0,014/0,004	0,002/0,0014	0,0088/0,004
ВДП	0,015/0,010	0,004/0,0019	0,0170/0,008
ЭЛП	0,015/0,003	0,004/0,0007	0,007/0,0011

Примечание. В числителе приведено содержание элементов до плавки, а в знаменателе – после плавки

гулировать скорость плавки. Время выдержки жидкого металла в вакууме и степень его перегрева не ограничены. В качестве переплавляемого материала могут быть использованы брикеты из порошка, стружка, стержни и др. При этом можно получать с одинаковой трудоемкостью слитки круглого, квадратного и прямоугольного сечений.

ЭЛП является наиболее эффективным и экономически оправданным процессом получения особо чистых ниобия, тантала и многих сплавов на основе меди, железа, никеля, ванадия, платины, урана и др. металлов. Особенно большие возможности ЭЛП в повышении качества сталей и сплавов на основе никеля и железа. При переплаве указанных материалов одновременно с резким уменьшением содержания кислорода, азота и водорода, происходит практически полное удаление многих легкоплавких примесей (свинца, цинка, висмута, олова и др.). В 2-5 раз снижается содержание серы (табл. 2). В 3-10 раз, в зависимости от класса сталей, уменьшается общее количество неметаллических включений. Существенно улучшаются физико-механические и химические свойства, в т. ч. технологическая пластичность. При ЭЛП наиболее полно реализуются процессы рафинирования.

2. Электронно-лучевая сварка и смежные процессы.

При электронно-лучевой обработке материалов используют тепловую энергию, выделяющуюся при столкновении быстро движущихся электронов с веществом [3, 4]. При столкновении ускоренного электронного потока с твердым телом более 90% кинетической энергии электронов переходит в тепловую, нагревающую твердое тело.

Повышая скорость движения электронов и их кинетическую энергию, а также увеличивая число электронов, движущихся в данном объеме (плотность пучка), можно создавать чрезвычайно высокую концентрацию тепловой энергии во времени и пространстве, приводящую к нагреву, плавлению, испарению, тепловому взрыву вещества в зоне торжонения им электронного пучка (луча).

Для обработки материалов электронным лучом требуются специальные устройства, излучающие свободные электроны в достаточном количестве и с требуемой скоростью. Основой таких устройств является электронная пушка, принципиальная схема которой показана на рис. 1. Катод 2, выполненный в виде таблетки из лантан-борида, разогревается бомбардировкой электронами, извлекаемыми из накаливаемой током вольфрамовой спирали 1, и ускоря-

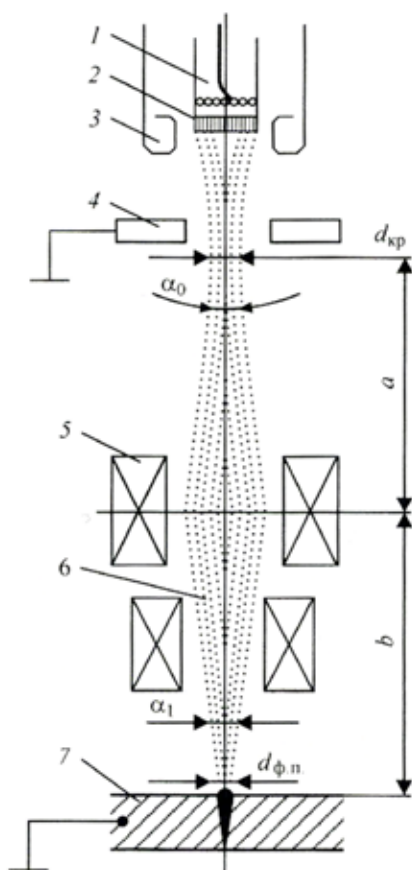


Рис. 1. Схема электронной пушки с термоэмиссионным катодом: 1 – накаливаемая спираль, 2 – катод, 3 – управляющий электрод, 4 – анод, 5 – магнитная линза, 6 – пучок электронов, 7 – свариваемое или обрабатываемое изделие

емыми полем специального источника бомбардирующего напряжения. Испускаемые катодом электроны ускоряются в электрическом поле высокой напряженности, создаваемом между катодом 2 и анодом 4. Форму катода, управляющего электрода 3 и анода 4 согласуют с ускоряющим напряжением и выбирают такой, чтобы получить минимальный диаметр пучка – кроссовер. Расходящийся за кроссовером пучок фокусируется с помощью магнитной линзы 5 в плоскости свариваемого изделия 7, или близкой к нему. Диаметр фокального пятна определяет максимальную концентрацию (плотность) мощности пучка и его технологические возможности. Величина пятна определяется диаметром кроссовера и расстоянием a и b плоскостей их расположения от оптического центра магнитной линзы:

$$d_n = d_{кр} \cdot (b/a)$$

Электроны характеризуются максимальным отношением заряда к массе e/m , поэтому траектория их движения существенно меняется даже в слабых магнитных полях. Это обстоятельство широко используют для управления электронными пучками при сварке. При выходе из пушки пучок проходит через отклоняющую систему (рис. 1) из двух взаимно перпендикулярных магнитных полей, каждое из которых в свою очередь перпендикулярно к оси пучка. Меняя величину и закон изменения тока в

отклоняющих катушках, можно добиться изменения положения пучка в пространстве и его движения практически по любому закону.

Современные пушки формируют пучки с углом схождения $\alpha_1 = 0,02$ рад. Максимальный технологический эффект достигают в наиболее узкой части пучка, а именно в его фокальной плоскости.

Плотность энергии электронного пучка может изменяться в достаточно широких пределах от 10^2 до 5×10^8 Вт/см².

Использование вакуумной защиты при ЭЛС позволяет существенно влиять на качественные характеристики процесса. Вакуум не только является защитной средой, предохраняющей металл от действия атмосферы, но и ускоряет, и более полно завершает термодинамические процессы, протекающие в расплавленном и нагретом металле. Кинетическая роль вакуума наиболее ярко проявляется в резком ускорении выхода газов из металла, а термодинамическая – в значительно более полном удалении примесей. Установлено, что вакуумная среда активно воздействует на нагретый и расплавленный металл, обеспечивая его дегазацию, повышение плотности, удаление оксидов, примесей и загрязнений как с поверхности, так и из внутренних слоев металла.

Вакуум сильно влияет на проплавление металла особенно при соединении элементов большой толщины. В начальный период сварки из-за высокой концентрации энергии в пятне нагрева и высокого температурного градиента происходит преимущественно испарение металла. В дальнейшем по мере нагрева металл плавится и образуется сварочная ванна. Под воздействием реактивного давления паров, которое усиливается под влиянием вакуума, жидкий металл оттесняется из зоны нагрева и образуется сварочная ванна. При этом оголяемые глубинные слои металла, воспринимая энергию электронов, плавятся, испаряются, вытесняются, образуется парогазовый канал и наступает динамическое равновесие всех сил, действующих на сварочную ванну (давление электронного пучка, давление силы тяжести, давление отдачи при испарении, давление паров в канале, поверхностное натяжение и др.).

В электронно-лучевой пушке обычно создают вакуум 10^{-3} Па, а в рабочей камере в процессе работы – менее 5×10^{-2} Па. Такой вакуум обеспечивает надежную работу электронно-лучевой пушки при высоких напряжениях и позволяет остро фокусировать пучок при отсутствии соударения электронов с молекулами остаточного газа. Современное состояние вакуумной техники (рабочие камеры объемом 400 м³ с высокопроизводительными системами вакуумирования) позволяет использовать это преимущество и при сварке относительно больших деталей.

Электронно-лучевую сварку в нижнем положении осуществляют как без подкладки, так и на подкладке. Эту технологию сварки применяют для соединения сталей толщиной до 40 мм, титановых и алюминиевых сплавов толщиной до 80 мм. Наиболее пред-

почтительна сварка с горизонтальным и вертикальным расположением стыка. Сварку в потолочном положении применяют только в исключительных случаях при соединении элементов толщиной до 20 мм.

Электронно-лучевая сварка имеет ряд существенных достоинств, к которым относят:

- высокую концентрацию энергии в электронном пучке и локальность нагрева, позволяющих получать швы с отношением глубины к ширине до 50 и малое время пребывания металла в расплавленном состоянии;
- минимальные деформации свариваемого изделия;
- надежную защиту расплава сварочной ванны от окисления и насыщения азотом за счет вакуума;
- возможность регулирования с высокой точностью энергетических и геометрических параметров электронных пучков, и на этой основе точного дозирования энергии, вводимой в свариваемое изделие;
- возможность сварки сложных конструкций в углублениях и труднодоступных местах за счет того, что расстояние от пушки до зоны сварки обычно составляет 50–200 мм, а при применении мощных пучков может быть увеличено до 1 500 мм.

Использование вакуумной защиты при сварке, наплавке, переплавке и других видах электронно-лучевой обработки является одним из наиболее совершенных способов предупреждения образования пор. Использование вакуума, при этом, полностью устраняет причины, вызывающие образование пор. Кроме того, вакуум активно способствует устранению пористости за счет удаления газов из основного металла. Создание вакуума над ванной расплавленного или нагретого твердого металла сопровождается повышением скорости выделения газов за счет увеличения скорости диффузии в твердом металле.

При сварке и других технологиях обработки химически активных металлов наличие окислов и загрязнений является одним из факторов, препятствующих получению качественного результата. Установлено, что активное воздействие вакуумной защиты на процесс металлообработки дает возможность освободиться от поверхностных загрязнений, газов и жидких пленок. Обычно после нагрева в вакууме поверхность металла становится блестящей.

Необходимо отметить, что перечень электронно-лучевых технологий (ЭЛТ) обработки продолжает расширяться [3, 4]. Электронно-лучевой нагрев в вакууме используют для наплавки, поверхностного переплава слитков и полуфабрикатов, поверхностной закалки и локальной термообработки, резки, пробивки отверстий, нанесения покрытий, в т. ч. для создания новых биметаллических композитных наноструктурных покрытий материалов осаждением паров.

3. Лазерная сварка в вакууме.

В настоящее время при выполнении многих технологических операций используется лазер. Для сварочного производства наибольший интерес представляет сварка, наплавка, резка и различные

технологии поверхностной обработки с использованием лазерного луча.

Что касается лазерной сварки, то ее осуществляют в широком диапазоне режимов, обеспечивающих высокопроизводительный процесс соединения различных металлов толщиной от нескольких микрон до десятков миллиметров.

На современном этапе, для промышленности наибольший интерес представляет лазерная сварка с глубиной провара более 1 мм. Сварка с такой глубиной проплавления может быть выполнена как в непрерывном, так и в импульсно – периодическом режимах излучения.

Схема формирования сварного соединения при лазерной сварке представлена на рис. 2 [5]. В головной части расположен канал 3, заполненный парами. В процессе лазерной сварки над поверхностью сварочной ванны наблюдается плазменный факел 2, размеры и яркость которого периодически изменяются с частотой от нескольких герц до сотен герц. При значительных скоростях лазерной сварки факел отклоняется в сторону, противоположную направлению сварки, на 20–60° [5].

В [6] исследовали поведение плазмы при различной мощности излучения, различных скоростях сварки, толщинах свариваемых изделий, защитных газах и т.п. Исследования проводились на углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталях толщиной 0,15 – 10 мм. Установлено, что при лазерной сварке в He, Ar, CO₂ образуется плазма двух видов: поверхностная плазма и плазма канала. Хотя приповерхностная плазма и не обладает стабильностью в процессе сварки, она не оказывает энергетического воздействия на лазерное излучение при небольшой его мощности (до 2 кВт). Однако, при повышении мощности излучения с 2 до 8 кВт растет интенсивность плазмообразования, что сопровождается увеличением концентрации электронов в плазме и ее расширение, а также увеличением яркостной темпе-

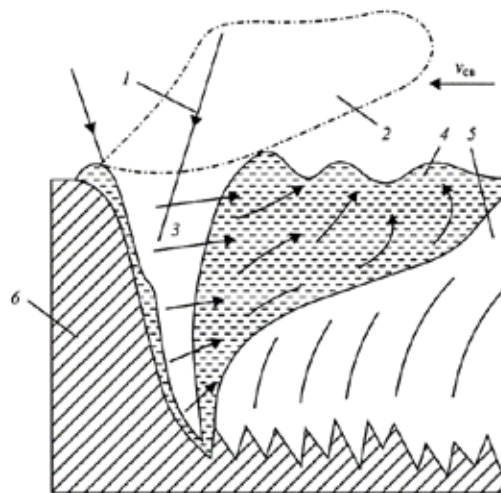


Рис. 2. Схема продольного сечения сварочной ванны: 1 – лазерное излучение, 2 – плазменный факел, 3 – парогазовый канал, 4 – хвостовая часть сварочной ванны, 5 – закристаллизовавшийся металл, 6 – свариваемый материал

ратуры. В свою очередь это приводит к повышению коэффициента поглощения плазмой лазерного излучения и увеличению угла отклонения лучей из-за рефракции, уменьшению глубины проплавления и ухудшению стабильности процесса сварки.

При сварке металлов малых толщин плазма канала не играет существенной роли, и ее доля в снижении эффективности сварки не имеет большого значения в отличие от приповерхностной плазмы.

При сварке металлов больших толщин (свыше 1 мм) плазма канала начинает оказывать самостоятельное влияние на лазерное излучение. Установлено, что при интенсивности излучения $(2-5) \times 10^6$ Вт/см² плазма канала не стационарна, тем не менее сварка протекает стабильно с образованием качественного сварного шва.

Наиболее распространенным приемом борьбы с отрицательным влиянием приповерхностной плазмы является сдувание ее потоком защитного газа, но это не всегда дает эффект. Поэтому прибегают к использованию вакуума.

В [7] отмечается, что даже небольшая степень вакуумирования позволяет увеличить проплавление в 3-5 раз.

Авторы другой работы [8] подчеркивают, что лазерная сварка в вакууме в последнее время находит все большее распространение и приводят ряд примеров. В собственных исследованиях им удалось увеличить глубины проплавления при лазерной сварке в динамическом вакууме в 2 раза (мощность излучения волоконного лазера 400 Вт).

4. Конденсаторная приварка шпилек в вакууме.

Дугоконтактная сварка, в т. ч. конденсаторная, представляет способ, при котором дуга горит между соединяемыми поверхностями металлических деталей. После их нагрева осуществляется приложение усилия и производится осадка.

Дугоконтактная конденсаторная сварка по характеру соединения может выполняться в двух вариантах: в твердом состоянии и с наличием закристаллизовавшегося металла в стыке [9].

В твердом состоянии выполняются соединения сечением до 1,2 мм², при этом осадке подвергается элемент меньшего сечения, имеющий меньшую твердость чем металл ответной пары. Поэтому для сечений свыше 1,5 мм², как правило, применяют разновидности дугоконтактной сварки, при которых уменьшают усилие осадки, что приводит к неполному удалению закристаллизовавшегося металла в стыке.

В [10] приведены результаты экспериментов по оценке возможности применения конденсаторной приварки шпилек в вакууме применительно к условиям космического пространства. Именно шпильки наиболее широко используют в качестве крепежных элементов в условиях монтажа на объектах космической техники.

Эксперименты проводились со шпильками РТ диаметром М4 и М6 из сплава АМг6 и стали 10Х18Н9Т, соответствующими ISO 13918. Сварку производили в форвакууме (10^{-2} торр) и высо-

ком вакууме (10^{-5} торр) на режимах, обеспечивающих получение прочного соединения при атмосферных условиях. Все полученные соединения соответствовали стандарту. Главное отличие между соединениями, полученными при атмосферном давлении и в вакууме, заключалось в увеличении в вакууме площади выплеска расплавленного металла из зоны сварки. Авторы объясняют это уменьшением в условиях вакуума противодействия паров металла, демпфирующих удар шпильки по ванне расплавленного металла на поверхности листа под действием пружины сварочной головки.

Показано, что толщина металла, закристаллизовавшегося в стыке, уменьшается при переходе от атмосферного давления к высокому вакууму, несмотря на увеличенную в большинстве случаев продолжительность разряда при почти неизменном токе.

Проведенные эксперименты позволили установить возможность приварки шпилек диаметром до М6 из алюминиевого сплава АМг6 и стали 10Х18Н9Т в вакууме дуговым разрядом конденсатора. Полученные соединения равнопрочные с материалом шпильки.

5. Пайка в вакууме.

Пайка – физико-химический процесс получения соединения в результате взаимодействия твердого паяемого (основного) металла и жидкого припоя (припоя). Образующиеся в результате этого взаимодействия переходные слои на границах шва и соединяемых поверхностях деталей называют спаями.

Для получения спая, необходимо удалить с соединяемых поверхностей оксидную пленку и создать условия взаимодействия твердого и жидкого металлов. При кристаллизации вступившего во взаимодействие с материалом паяемых деталей более легкоплавкого связующего металла образуется паяное соединение.

Пайка имеет сходство со сваркой плавлением, но между ними есть принципиальные различия. Если при сварке основной и припаяемый материалы находятся в сварочной ванне в расплавленном состоянии, то при пайке паяемый металл не плавится. Формирование шва при пайке происходит путем заполнения припоем зазора между соединяемыми деталями, т.е. процесс пайки связан с капиллярным течением, что не имеет места при сварке плавлением. Пайка, в отличие от сварки плавлением, осуществляется при температурах, лежащих ниже температуры плавления паяемого металла, и может происходить в широком интервале температур. Одним из преимуществ пайки является возможность соединения за один прием в единое целое множество элементов, составляющих изделие. Она позволяет соединять разнородные металлы, а также металлы со стеклом, керамикой, графитом и другими неметаллическими материалами.

Поскольку при пайке не происходит расплавления кромок паяемых деталей, то проще сохранить в процессе нагрева требуемую форму и размеры изделия. Низкотемпературная пайка позволяет со-

хранить неизменными структуру и свойства металла соединяемых деталей.

Сегодня пайка находит широкое применение в разных отраслях промышленности: авиационной, космической, в приборостроении, автомобилестроении и др. [11]. В качестве источников нагрева используют газовое пламя, индукционный нагрев, инфракрасное излучение, электронный и лазерный луч, световой луч и др. [12]. Для защиты металла от окисления используют различные флюсы и газовые среды.

Пайка в газовой среде по сравнению с пайкой с применением флюсов имеет значительные преимущества, к которым относятся: высокое качество соединения; высокая производительность процесса; незначительное коробление изделия вследствие равномерного нагрева детали; возможность строгого контролирования температуры и времени выдержки в печи; высокая чистота поверхности, не требующая очистки после пайки.

Для пайки в печах или контейнерах используются восстановительные, инертные и различные активированные среды, а также вакуум. Вакуум используют при пайке особо активных металлов и сплавов (титан и сплавы на его основе, алюминий и сплавы на его основе, жаростойкие никелевые сплавы, гафний, индий и др.). При пайке в вакууме (10^{-4} – 10^{-3} Па) удаление посторонних слоев, главным образом окислов, происходит в результате действия следующих факторов [13]:

- диффузия в основной металл, если окисел не стабилен;
- подтекания припоя под разрушившиеся слои окисла. В связи с разными коэффициентами термического расширения основного металла и окисла слой последнего растрескивается, а припой проникает в образующиеся микротрещины, подтекает под пленку окисла и отрывает ее от поверхности;
- связывания окислов с геттерными металлами, образующими пары с высокой химической активностью и большим давлением, например, с литием, магнием, кальцием. Геттерные металлы можно вводить в припой или камеру. Они могут связывать кислород и водород, содержащиеся в остаточной атмосфере, и восстанавливать металл.

На растекание припоя в вакууме большое влияние оказывает разрежение в камере пайки. С повышением степени разрежения при постоянной температуре парциальное давление кислорода в камере пайки снижается, что способствует диссоциации окислов и улучшению смачивания паяемого металла расплавленным припоем. Однако, для некоторых металлов наименьшая температура смачивания соответствует разрежению 1,33 Па.

Для пайки в вакууме применяются вакуумные печи непрерывного и периодического действия (колпаковые, элеваторные, муфельные), а также специальные установки, оснащенные концентрированными источниками нагрева [12]. В зависимости

от конструкции в этих установках создается разрежение от 1,33 до $1,33 \times 10^{-4}$ Па.

Опыты по вакуумной пайке в условиях космического пространства показали, что микрогравитация улучшает регулируемое силами поверхностного натяжения формирование паяного соединения. При этом влияние космической обстановки на микроструктуру соединения не обнаружено [14]. Пайку рассматривают как одну из наиболее перспективных технологий применительно к выполнению ремонтно-монтажных работ в условиях орбитального космического полета.

Продолжение в следующем номере журнала

Литература

1. Сварка в машиностроении. Т. 1 / под ред. Н.А. Ольшевского / – М.: Машиностроение, 1978. – 504 с.
2. Мовчан Б.А., Тихоновский А.Л., Курапов Ю.А. Электронно-лучевая плавка и рафинирование металлов и сплавов. / под. Ред. Б.Е. Патона / – К.: Наукова думка, 1973. – 240 с.
3. Патон Б.Е. Современные электронно-лучевые технологии ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ. // Автомат. сварка. – 2001. – № 2. – С. 3-8.
4. Кайдалов А.А. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. – Киев: Экотехнология, 2004. – 260 с.
5. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
6. Грезев А.Н. Плазмообразование при лазерной сварке. // Сварочное производство. – 2005. – № 5. – С. 20-25.
7. Назаренко О.К., Морочко В.П. Применение мощных CO_2 – лазеров в зарубежном сварочном производстве (обзор). // Автомат. сварка. – 1989. – № 4. – С. 43-49.
8. Хаскин В.Ю., Шелягин В.Д., Шулым В.Ф. и др. Влияние давления защитного газа в зоне сварочной ванны при лазерной сварке сталей. // Сварщик. – 2013. – № 4. – С. 10-15.
9. Калеко Д.М. Дугоконтактная конденсаторная сварка разнородных металлов. // Сварщик. – 2015. – № 5. – С. 10-12.
10. Патон Б.Е., Калеко Д.М., Булацев А.Р., Шулым В.Ф. Конденсаторная приварка шпилек в вакууме. // Автомат. сварка. – 2012. – № 4. – С. 42-46.
11. Максимова С.В. Паяння – перспективний метод отримання нероз’ємних з’єднань // Автоматичне зварювання. – 2020. – № 3. – С. 45-52.
12. Петрунин И.Е., Маркова И.Ю., Гржимальский Л.Л. и др. Краткий справочник паяльщика. / Под. общ ред. И.Е. Петрунина / – М.: Машиностроение, 1991. – 224 с.
13. Руге Ю. Техника сварки. Справочник, изд. в 2 ч. – М.: Металлургия, Машиностроение, 1984. – 552 с.
14. Хорунов В.Ф. Особенности формирования паяных соединений тонкостенных конструкций в космосе. // Автоматич. сварка. – 1999. – № 10. – С. 31-38.

● #2050

Ремонт корпуса бойка ковочного пресса усилием 5000 тс.

Часть 2. Применение электрошлаковой сварки в ремонтных работах

В.М. Литвинов, ООО «НИИПТмаш - Опытный завод», **А.Е. Мерзляков, С.Н. Косинов, А.А. Задорожный, А.В. Щербак**, ЧАО «НКМЗ» (Краматорск)

В первой части статьи авторами предложено технологическое решение по подготовке к ремонтной электрошлаковой сварке поверхностей, пораженных сквозной усталостной трещиной, при помощи газокислородной резки. Трещина на «Корпусе бойка» была разделана двумя параллельными резами с помощью полуавтоматической газокислородной резки с использованием резака РГКМ-500.

Существовало два варианта – разделить трещину механической обработкой или газокислородной резкой, либо сварить части разрушившейся детали по стыку, образованному самой трещиной. Вторым вариант допустим в тех случаях, если излом не имеет резких перегибов, а отклонение плоскостей свариваемых кромок от вертикали в любом месте стыка не превышает $15-20^\circ$ [1]. Сквозная трещина «Корпуса бойка» была практически перпендикулярна продольной оси, а относительно вертикальной плоскости располагалась под углом $\sim 9^\circ$, не имела отколов и ответвлений, однако имелось несколько локальных областей с достаточно значительным изменением рельефа поверхности излома глубиной/высотой до 100 мм. Поверхность заготовки под ЭШС не должна содержать местных впадин и отколов глубиной более 12-18 мм или выступов высотой более 12-18 мм [1]. Поэтому был выбран вариант спрямления трещины газокислородной резкой путем ее разделки двумя параллельными резами. Максимальная величина зазора под сварку с точки зрения получения качественного соединения не должна превышать 50-60 мм [1]. В случае, когда величина снятого со свариваемых поверхностей слоя металла превышает эти значения, для сохранения первоначальных размеров изделия может понадобиться вварка соответствующей проставки или наплавка слоя требуемого металла на свариваемую поверхность. Кроме того, чтобы плотно установить изношенный вкладыш в раствор корпуса, по просьбе цеха, где эксплуатируется данная оснастка, расстояние между упорами решено было уменьшить на 20 мм от чертежного. С учетом этих факторов выбрана траектория резов и интервал между ними – 50 мм. С учетом ширины реза расстояние между

кромками получилось 60 мм. При такой разделке кромок можно обойтись без вварки проставки, т.е. достаточно одного электрошлакового шва. После удаления шлака и зачистки поверхности реза, на заготовках выявлены три раковины глубиной до 40 мм. После зачистки раковин и их исправления дуговой сваркой, заготовки признаны пригодными к дальнейшим технологическим операциям.

Поскольку корпус бойка в плоскости сварки имеет «Т»-образное сечение, его выравнивали до прямоугольного путем приварки технологических боковин толщиной 120 мм и получали свариваемое сечение размером 500 x 1400 мм. Заготовки под сварку собирали с клиновидным зазором: внизу – 46 мм, вверху – 48 мм с целью получения после усадки электрошлакового шва шириной ~ 40 мм. После фиксации сборочного зазора приваркой сборочных планок, корпус выставили в ямный стенд установки ЭШС больших толщин таким образом, чтобы ось разделки была параллельна оси аппаратов. Завели в зазор плавящиеся мундштуки (в количестве 3 шт.) и закрепили их в струбцинах аппаратов АШ-110. После подготовительных работ (центровка мундштуков в зазоре, заправка сварочной проволоки в трубки плавящихся мундштуков и др.) и предварительного подогрева кармана, начинали электрошлаковый процесс с «жидкого старта», во время сварки осуществляли мониторинг основных параметров режима сварки, по ходу сварки контролировали и поддерживали требуемую глубину шлаковой ванны. Надежность осуществления сварочного процесса обеспечивалась системой дублирования подачи сварочных проволок. Сварочный шов формировали переставными медными водоохлаждаемыми накладками.

Для сварки «Корпуса бойка» (материал – сталь 30Л) использовались проволока Св08Г2С диаметром 3 мм и флюс АН-8, материал пластин плавящихся мундштуков – сталь 10ХСНД. В зону сварки подавалось 12 проволок (6 основных и 6 дублирующих) с общей скоростью 150 м/час. Напряжение $U_{св} = 46-48$ В, скорость сварки $V_{св} = 480-500$ мм/час, сварочный ток $I_{св} = 2400-4000$ А, глубина шлаковой ванны $h_s = 45-50$ мм.

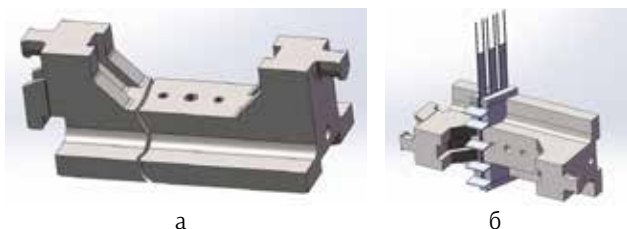


Рис. 1. Ремонт корпуса бойка к прессу усилием 5000 тс с простой трещиной, расположенной в одной плоскости: а – схема развития трещины в корпусе бойка; б – схема электрошлаковой сварки корпуса бойка при его ремонте

Схема развития трещины в корпусе бойка показана на *рис. 1, а*, схема электрошлаковой сварки корпуса бойка при его ремонте представлена на *рис. 1, б*.

После сварки деталь проходила термическую обработку. Газокислородной резкой удаляли боковое выравнивание, начальные и выводные планки. После механической обработки мест сварки, восстановленный «Корпус бойка» успешно эксплуатируется в кузнечнопрессовом цехе предприятия.

Примером технологии ремонта деталей, разрушенных трещиной со сложной траекторией, с множеством ответвлений и отколов, служит восстановление аналогичного «Корпуса бойка» прессы усилием 5 000 тс. После окончательной выборки механической обработкой сквозной трещины сложной конфигурации и удаления по обе стороны трещины слоя металла получился зазор шириной 200 мм. Для компенсации удаленного металла и сохранения геометрических размеров две половины корпуса сваривались между собой двумя швами через вварку проставки размером 480 x 1470 мм, вырезанной из проката стали Ст3 толщиной 140 мм (*рис. 2, а* – корпус бойка, собранный с центральной вставкой под электрошлаковую сварку, на *рис. 2, б* – представлено положение детали при ЭШС).

В целом на НКМЗ, для восстановления работоспособности различного ковочного инструмен-

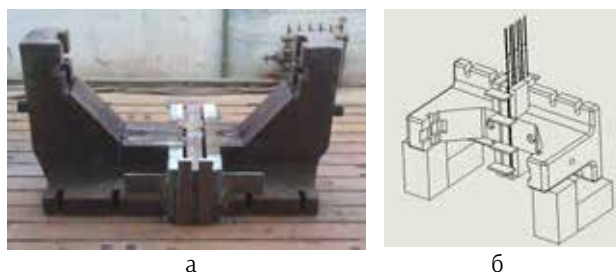


Рис. 2. Ремонт корпуса бойка к прессу усилием 5000 тс со сложной, разветвленной трещиной: а – корпус бойка, после разделки трещины механической обработкой, собранный с центральной вставкой под ЭШС, б – положение детали при ЭШС

та, широко применяется электрошлаковая сварка. Кроме вышеописанной ремонтной технологии рассмотрим, например, внедренную технологию ремонта кузнечных бойков путем сварки двух изношенных заготовок. Когда впадина на рабочей поверхности бойка (материал – сталь 5ХНМ), образованная в результате сжимающих усилий при ковке горячего металла, достигала 50 мм, ее сострагивали. При этом исходная высота бойка 1150 мм (для бойков прессы усилием 10 000 тс) постепенно уменьшалась до предельно допустимой величины 700 мм, после чего остаток бойка списывался. Для увеличения эффективности было предложено изношенные заготовки бойка сваривать для получения заготовки необходимого размера. Свариваемое сечение при этом составляет 1060 x 3000 мм.

Ремонт кузнечных бойков путем сварки двух изношенных заготовок показан на *рис. 3, а* – боек, собранный под ЭШС с установленными в разделку пластинами плавящегося мундштука, и *рис. 3, б* – боек после ЭШС и высокотемпературной термической обработки.

Кроме того, на НКМЗ освоена технология ремонтной электрошлаковой сварки пространственными «Г»- и «П»-образными швами. Так, например, при



Рис. 3. Ремонт кузнечных бойков путем сварки двух изношенных заготовок: а – боек, собранный под ЭШС с установленными в разделку пластинами плавящегося мундштука; б – боек после ЭШС и высокотемпературной термической обработки

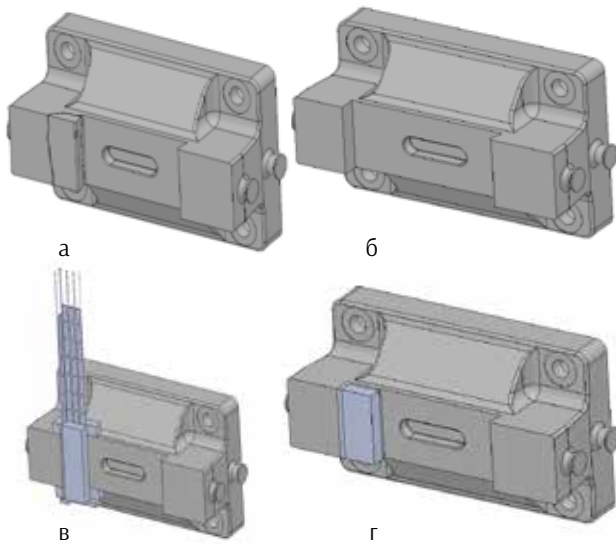


Рис. 4. Ремонт захвата «ласточкин хвост» детали «Корпус», разрушенного трещиной: а – корпус с отколотой частью рабочей поверхности, б – выборка механической обработкой пораженного трещиной участка, в – сборка под ЭШС заготовки со вставкой, г – после ЭШС и отрезки технологических планок

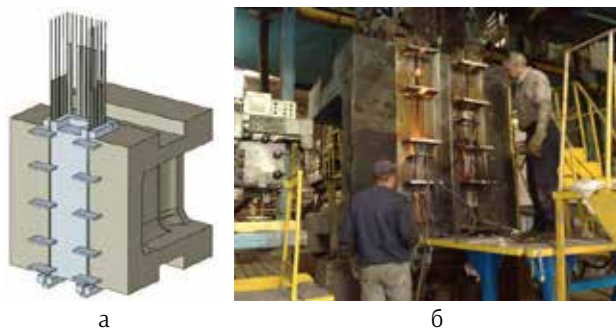


Рис. 5. Ремонтная ЭШС «Поперечины»: а – собранная «Поперечина» со вставкой; б – процесс ЭШС «Поперечины» помощи данной технологии восстановлена работоспособность «Корпуса», захват «ласточкин хвост» которого был разрушен трещиной. Последовательность технологических операций указана на рис. 4.

Пораженную трещиной поверхность захвата разделявали до образования сквозного паза с прямолинейными стенками и с последующей установкой в него со сварочным зазором вставки 120x275x840 мм из стали 20 с поперечным сечением, подобным форме сечения паза и ее приваркой «Г»-образным швом.

В некоторых случаях необходимо, чтобы на место удаленной дефектной части металла должна быть вварена вставка электрошлаковым швом «П»-образной формы. Опасность такой технологии состоит в том, что приварка к жестким кромкам массивной заготовки вставки одновременно по трем плоскостям может сопровождаться образованием трещин, как в околосшовной зоне, так и в металле шва.

Однако, разработанная техника и технология ЭШС плавящимся мундштуком пространственной формы, и режим последующей объемной высокотемпературной обработки сваренной детали позво-



Рис. 6. Ремонт электрошлаковой сваркой выбранного механической обработкой глухого паза, полученного при удалении трещины в теле «Бойка»: а – боек с выбранной трещиной, б – трещина на рабочей поверхности бойка

лили успешно использовать данную технологию для ремонта нескольких деталей.

Для примера, на рис. 5 представлен процесс ремонтной ЭШС «Поперечины». Ввариваемая вставка имела размеры – 420 x 680 x 2590 мм.

Представляет также интерес технология ремонта электрошлаковой сваркой выбранного механической обработкой глухого паза. Технология использована для ремонта «Бойка» (материал – сталь 30Л) (рис. 6).

Трещина поразила насквозь рабочую поверхность бойка, но не распространилась до опорной поверхности. После разделки трещины образовался глухой паз шириной 40 мм и глубиной 460 мм (рис. 6, а и б). Для недопущения замыкания трубки крайнего мундштука на изделие, на мундштук крепились специальные керамические изоляторы. После заварки глухого паза деталь незамедлительно передавалась на высокотемпературный отпуск.

На ЧАО «НКМЗ» разработан целый ряд технологий ремонта крупнотоннажных ответственных деталей с помощью процессов электрошлаковой сварки и кислородной резки металлов большой толщины, которые успешно используются и в настоящее время.

Литература

1. Суцук-Слюсаренко И.И., Лычко И.И., Козулин М.Г., Семенов В.М. Электрошлаковая сварка и наплавка в ремонтных работах. / АН УССР. Ин-т электросварки / – Киев: Наукова Думка, 1989. – 192 с.
2. Суцук-Слюсаренко И.И., Лычко И.И. Техника выполнения электрошлаковой сварки. - Киев: Наукова думка, 1974. - 90 с.
3. Волошин А.И., Шаповалов К.П., Белинский В.А. и др. Способ изготовления крупногабаритных ковано-литых заготовок электрошлаковой сваркой. // Автомат. сварка. – 2012. – № 8. – С. 48-49.

●#2051

Оценка свариваемости изделий базовых деталей, подвергаемых ремонтной сварке. Опыт Уралмашзавода

В.И. Панов, УрФУ им. Б.Н. Ельцина (Екатеринбург)

Оценка свариваемости материалов – сложный показатель условий образования горячих (ГТ) и холодных трещин (ХТ), она является серьезной технологической задачей обеспечения прочности сварных конструкций при их изготовлении и эксплуатации. Большое значение имеют знания, опыт и личные качества лица (склонность к риску и др.), принимающего то или иное технологическое решение при выполнении сварочных ремонтных работ, которое требует учета влияния этих сложных явлений.

Работы, проведенные в ОГС НИИТЯЖМАШ-а Уралмашзавода отличаются своим подходом к изучению и регулированию физических процессов в металле при их ремонтной сварке в зависимости от режимов сварки. Использовались различные методы исследований, среди них быстродействующий дилатометр системы ИЭС имени Е.О. Патона, установки МВТУ, ИМЕТ-1, ИМЕТ-4 [1], установка для изучения эффекта акустической эмиссии (ЦНИИТЯЖМАШ) и др. Рассматриваемый комплекс работ отличается систематичностью, разнообразием методических средств, широтой и глубиной анализа. Эти работы во многом способствовали созданию нового направления в теории сварочных процессов, разработка которого требует учета влияния сложных явлений [2].

Определение понятия свариваемости дано в различных документах, учебниках, согласно которым «свариваемость – свойство металлов или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия». Исходя из приведенного определения свариваемость зависит от материала, конструктивного фактора, технологии сварки, и пр. Горячие (ГТ) и холодные (ХТ) трещины в металле сварных соединений, как правило, не допускаются.

Расчеты показывают, что практически все стали подвержены ГТ [3]. Дефект в виде ГТ снижает надежность сварных соединений.

Холодные трещины (ХТ) объединяют категорию трещин в сварных соединениях [4, 5], формальными признаками которых являются визуально наблюдаемые трещины после охлаждения соединения. Для них характерен блестящий кристаллический излом трещин без следов высокотемпе-

ратурного окисления. ХТ представляют собой локальные хрупкие разрушения материала сварного соединения, возникающие под действием собственных сварочных напряжений. Размеры ХТ соизмеримы с размерами зон сварного соединения. Локальность разрушения объясняется частичным снятием напряжений при образовании трещин, а также ограниченностью зон сварного соединения, в которых возможно развитие трещин.

Понятие эквивалент означает нечто равноценное или соответствующее в каком-либо отношении чему-либо и т.д. Оно используется в различных разделах науки («электрохимический эквивалент», «эквивалент вещества», «тротильный эквивалент», «механический эквивалент тепла», «тепловой эквивалент работы» и др.). Этот термин происходит от латинского *aequivalensu*, что означает «равнозначный», «равноценный», «равносильный» или соответствующее в каком-либо отношении чему-либо, заменяющее его или служащее его выражением. Понятие «эквивалент углерода» [carbon equivalent, CE] нашел широкое применение для оценки конструктивной, технологической и эксплуатационной прочности сварных соединений низко-, средне-, высокоуглеродистых сталей и пр.

Впервые математическая модель эквивалента углерода появилась в 1940 г. С тех пор модель эквивалента углерода стала предметом пристального изучения ученых разных стран. По нашим данным в настоящее время известны более 50-ти расчетных моделей.

Этот показатель свариваемости отнесен к массовой доле углерода (именно этот элемент оказывает самое сильное влияние на свариваемость), суммы массовых долей легирующих элементов. В общем виде в формуле расчета химического эквивалента углерода $C_{\text{экв}}$ (в англоязычной транскрипции CE) предполагает наличие массовых долей легирующих химических элементов (Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V, Cu и т.д.). Влияние каждого легирующего элемента (кроме углерода, который всегда берется равным марочному содержанию [6, 7]) учитывается делящимися коэффициентами k_{Mn} , k_{Si} и т.д., которые увеличивают устойчивость аустенита и соответственно понижают температуру начала мартенситного (бездиффузионного) превращения стали.

Особую лепту вносят микролегирование стали молибденом, ванадием и другими элементами. В случае применения микролегированных сталей их химический состав учитывается массовыми долями как $V^* = (V + Nb + Ti)$.

Известны 3 типа построения модели химического эквивалента электрода [7-21 и др.]:

- производится оценка влияния каждого элемента;
- производится оценка влияния группы элементов;
- смешанный тип, сочетающий два первых типа.

Оценку свариваемости сталей производят согласно шкале свариваемости. К хорошо свариваемым относятся стали, у которых $C_{экв}$ менее 0,3 %. К удовлетворительно свариваемым сталям относятся сварочные материалы, у которых $C_{экв} = 0,4$ %; к ограниченно свариваемым относятся стали с $C_{экв} = 0,6 - 0,75$ %; и к плохо свариваемым сталям относятся – с $C_{экв} > 0,7$ %.

Особенно важен этот показатель при ремонтной сварке или при восстановлении работоспособности литых и кованных базовых деталей тяжело нагруженного оборудования, выполненных в т. ч. и из марок сталей, не рекомендуемых для изготовления сварных конструкций [22].

Рассмотрим влияние наиболее важных химических элементов на свариваемость сталей.

Углерод (C). Его содержание выше 0,3 – 0,4 % вызывает образование закалочных структур, этот элемент увеличивает склонность к образованию трещин.

При обычном содержании марганца (0,3-0,4%) улучшается свариваемость, но в среднелегированных сталях (1,5–15%) этот элемент способствует образованию закалочных структур, увеличивает склонность к образованию трещин.

Кремний (Si). Содержание кремния до 0,3% не ухудшает свариваемость. Содержание этого элемента в пределах 0,8 - 1,5 % ухудшает свариваемость из-за образования тугоплавких окислов.

Велика роль хрома (Cr). Увеличение содержания этого элемента может снизить свариваемость из-за образования тугоплавких окислов, повышения твердости, выпадения карбидов, снижения коррозионной стойкости.

Никель (Ni) оказывает самое благоприятное влияние на свариваемость, т.к. этот элемент увеличивает пластичность металла шва, уменьшает размер зерна в зоне термического влияния и т.д.

Титан (Ti), ниобий (Nb) связывают углерод и препятствуют образованию карбидов, повышают коррозионную стойкость.

Ухудшают свариваемость фосфор (P), сера (S), даже при низком содержании серы увеличивает склонность к образованию ХТ. Уралмашевцам крайне удачной кажется модель, приведенная в [10], поскольку в формулу химического эквивалента углерода вводится влияние фосфора.

При определении допустимого содержания ле-

гирующих примесей следует обращаться к справочникам [23, 24 и др.].

Что касается водорода, то, по нашему мнению, его содержание надо ограничивать при любой марке стали, независимо от группы свариваемости.

Выполненный анализ математических моделей углерода показывает, что оценка химических элементов в математических моделях эквивалента углерода делается по-разному. Совпадают оценки моделей углерода. Система легирования C + Mn носит неоднозначный характер. Поэтому рекомендуется для сталей с содержанием C менее 0,1% учет марганца производить с коэффициентами k_{Mn} от 10 до 20. Для сталей с более высоким содержанием углерода – рекомендуемый коэффициент $k_{Mn} = 4 - 6$.

Кремний не принимается во внимание, либо его влияние незначительно. Коэффициент k_{Si} колеблется в интервалах от 24 до 30. Минимальное значение коэффициента k_{Cr} равно 3-5, максимальное его значение равно 23, интервал 9 – 20 занимает промежуточное значение. Диапазон k_N принят равным от 40 до 60. Некоторые исследователи оценивают участие кремния коэффициентом $k_{Si} = 15$.

В ответственных конструкциях применяются термически упрочненные низкоуглеродистые низколегированные высокопрочные стали мартенситно-бейнитного и мартенситного класса [25], характеризующиеся мелким зерном. В этом случае температура начала распада аустенита на участке перегрева зоны термического влияния будет ниже, чем для случая крупного зерна (горячекатаное состояние) и кинетика фазовых и структурных превращений будет несколько отличаться от среднеуглеродистых низколегированных сталей. При малых скоростях охлаждения зоны термического влияния термически упрочненные стали склонны к разупрочнению на участках перегрева (выделение полигонального феррита) и высокого отпуска (падение твердости и ударной вязкости). Поэтому широко известная модель Ито-Бессю включает в себя, помимо химического эквивалента углерода, влияние толщины свариваемого соединения, его жесткость и содержание водорода.

Во многих учебниках по сварке как единственная приводится формула Международного института сварки (МИС или в английской транскрипции IIW) $1X - 535 - 67$ (хотя известно более 50 формул этого показателя).

Такой известный специалист в области свариваемости металлов, как И. Гривняк [26] рекомендует применять формулу МИС для сталей с содержанием углерода (C) более 0,18%. Как показали расчеты этого показателя по другим формулам, выполненные студентами УрФУ, проходящими практику на Уралмашзаводе, разница в значениях этого показателя может составлять от 0,2 до 0,4. По нашему убеждению, формула МИС не может быть использована для оценки свариваемости сталей большой

толщины. Среди прочих причин следует отметить следующие:

- эта формула не учитывает влияния P и S , а также толщины свариваемого изделия;
- настоящая формула не учитывает в полной мере тепловых, физических и химических воздействий на свариваемый металл.
- образование ХТ в хорошо свариваемых сталях (концевые трещины и др.) возможны при сварке изделий большой толщины.

Математические модели расчета химического эквивалента углерода практически не связаны с диаграммами переохлажденного аустенита [28], характерные для условий непрерывного охлаждения, т.к. мартенситное превращение не доходит до конца. Поэтому в зависимости от класса стали надо учитывать количество остаточного аустенита, который может оказать влияние на свариваемость, и содержание которого может быть различным (см. работы В.Д. Садовского и др.).

Нельзя не учитывать, что при многопроходной сварке происходит процесс термоциклирования металла околошовной зоны, что вызывает самоотпуск закалочных структур зоны термического влияния. Металл корня одностороннего многопроходного шва под влиянием угловой деформации в интервале температур синеломкости подвергается старению.

Ни в одной формуле не учитываются неоднородность аустенита, степень его гомогенизации, форма разделки, расстояние между валиками, различные дефекты и т. д. При сварке плавлением превращения в основном металле протекают в сложной и непрерывно меняющейся обстановке, которая существенно отличается от термообработки.

Известная классификация свариваемости (хорошая, удовлетворительная, ограниченная, плохая) не учитывает многие моменты, необходимые для ремонтной сварки. В МВТУ (Э.Л. Макаров) признают только 3 группы свариваемости [16]. Пластическая деформация в зоне термического влияния является решающим фактором в нарушении когерентности решетки. Энергия сдвига в различных участках поликристалла различна. Сегрегация Cr и W по границам зерен возможна при длительной выдержке при температуре выше $1400^\circ C$, больших значениях погонных энергий при сварке и др. Эти и другие факторы могут привести к тому, что стали, относящиеся к группе хорошо свариваемых, могут потрескаться.

Опыт Уралмашзавода по изготовлению конструкций различного назначения и степени их ответственности показывает, что к выбору расчетной формулы химического углерода следует подходить дифференцированно в зависимости от назначения конструкции и системы легирования основного металла. Он показывает следующее: дефекты в металле свариваемого изделия, как правило, удаляют

термической резкой (газопламенной или воздушно-дуговой), но при этом происходит науглероживание кромок (по нашим данным до 1,2 мм на глубину до 0,3 мм). Поэтому при оценке химического эквивалента по углероду надо брать его верхнее марочное содержание.

Учитывая вышеперечисленные и другие недостатки, каждое ведомство (например, железная дорога Японии, ИЭС им. Е.О. Патона и др.) имеет свою формулу эквивалентного углерода.

Однако оценка свариваемости только по химическому эквиваленту углерода имеет свои границы. Каждая из известных формул расчета химического эквивалента углерода приемлема лишь для определенной группы сталей, конкретных конструкций, степени их ответственности и т.д. Метод оценки свариваемости по эквиваленту углерода $C_{\text{экв}}$ является ориентировочным.

Конструкционная, технологическая и эксплуатационная прочности сварных соединений могут определяться исходной термической обработкой основного металла, влияющей на величину зерна аустенита, и другими факторами.

Для предотвращения мартенситного превращения в низколегированных сталях (очень часто для предупреждения образования ХТ и эвакуации водорода) необходим предварительный подогрев. Наиболее комплексный расчет температуры предварительного подогрева представлен в [14]. Величина температуры предварительного подогрева связана с температурой начала мартенситного превращения переохлажденного аустенита. По мнению В.Н. Земзина температура подогрева металла сварных соединений должна быть не ниже $15^\circ C$ от температуры мартенситного превращения, величина температуры которого либо берется из справочников термиста [27], либо считается по формуле [28].

Хотя в отечественной (в т. ч. и уралмашевской) и зарубежной литературе есть спорные моменты, касающиеся вопроса – с какой толщины металл свариваемого соединения при хорошей свариваемости надо греть, считаем, что подогревать перед ремонтной сваркой надо металл любой толщины независимо от класса свариваемости.

Особенностью сварки низкоуглеродистых низколегированных термически упрочненных сталей является то, что имеются ограничения по величине погонной энергии и температуре предварительного подогрева (не выше $200^\circ C$). Их превышение вызывает разупрочнение стали, поэтому технологии сварки сталей бейнитного и бейнитно-мартенситного класса с содержанием $C < 0,15\%$ типа 14Х2ГМФР, 14ХМНФР, 12Х2МФА и им подобные, легированных бором и алюминием [25], отличается от технологии сварки низкоуглеродистых низколегированных сталей. Температура подогрева этих низкоуглеродистых сталей, согласно методике

Ито-Бессю, определяется по формуле:

$$T = 1440 P \omega - 392, ^\circ\text{C} \quad (1)$$

где $P \omega$ – показатель трещинообразования, формула которого включает в себя параметр P_{CM} – фактически химический эквивалент углерода, H – содержание диффузионно – подвижного водорода (статистические данные показывают, что эта величина не должна превышать $4 \text{ см}^3 / 100 \text{ г}$ металла, определенная глицериновой пробой); K – характеризует интенсивность степени жесткости сварного соединения. Принято считать, что при $P \omega < 0,286$ металл сварного соединения не склонен к образованию ХТ.

В случае сварки металла большой толщины в методике Ито - Бессю есть такая формула:

$$K = k \delta, \quad (2)$$

где k – коэффициент пропорциональности = 685 (определен на основе статистической обработки данных по испытанию пробы Теккен); δ – толщина металла.

Температура для предварительного подогрева среднеуглеродистых низколегированных сталей определяется по методике Д. Сефериана [28].

Литература

1. Шоршоров М.Х. Металловедение сварки стали и сплавов титана. - М.: Наука, 1965. - 336 с.
2. Кириллов Е.А., Панов В.И., Сумрин С.Г. Свариваемость сталей, применяемых в тяжелом машиностроении. // Сварочное производство. - 1989. - № 3. - С. 16-19.
3. Сварка и свариваемые материалы: в 3-х т. Т.1. Свариваемость материалов. / Справ. изд. Под ред. Э.Л. Макарова / - М.: Металлургия, 1991. - 528 с.
4. Макара А.М. Исследование природы холодных околосшовных трещин при сварке закаливающих сталей. // Автомат. сварка. - 1960. - № 2. - С. 9-33.
5. Макаров Э.Л. Холодные трещины при сварке. - М.: Машиностроение, 1981. - 248 с.
6. ГОСТ 525 - 2005 «Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия».
7. ГОСТ 19281 - 2014 «Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия».
8. ГОСТ 2604 – 84. «Сварка металлов. Термины и определения основных понятий».
9. ГОСТ 5521- 93 «Прокат стальной для судостроения».
10. ГОСТ 27772 – 88 «Прокат для строительных стальных конструкций».
11. ГОСТ 5520 – 79 «Прокат листовой из углеродистой, низколегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением».
12. EN 10028 – 1 – 2000 «Прокат стальной плоский для работы под давлением».
13. EN 10028 - 2. Часть 2. «Нелегированные и легированные стали с точно установленными свойствами при повышенных температурах».
14. EN 1011 – 2. «Рекомендации по сварке металлургических материалов. Дуговая сварка ферритных (углеродистых и низколегированных) сталей».
15. Гривняк И. Свариваемость сталей. / пер. со словац. Л.С. Гончаренко. Под ред. Э.Л. Макарова / - М.: Машиностроение, 1984. - 216 с.
16. Макаров Э.Л., Якушин Б.Ф. Теория свариваемости сталей и сплавов. / под ред. Э.Л. Макарова / - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 467 с.
17. Ющенко К.А., Дерломенко В.В. Анализ современных представлений о свариваемости. // Автоматическая сварка. - 2005. - № 1. - С. 9-13.
18. Литвинов А.П., Дерломенко В.В. Свариваемость и работоспособность сварных соединений. // Автоматическая сварка. - 2010. - № 9. - С. 50-56.
19. Ефименко Л.А., Прыгаев А.К., Елагина О.Ю. Металловедение и термическая обработка сварных соединений. / Учебное пособие / - М.: Логос, 2007. - 456 с.
20. Ефименко Л.А., Елагина О.Ю., Вышемирский Е.М. Особенности подхода к оценке свариваемости низкоуглеродистых высокопрочных трубных сталей. // «Сварочное производство». - 2010. - № 6. - С. 5-11.
21. Макаров Э.Л., Якушин Б.Ф. Технологическая прочность металлов при сварке. / Сварка в машиностроении. Т. 3. Под ред. В.А. Винокурова / - М.: Машиностроение, 1979. - С. 393-435.
22. Ющенко К.А., Дерломенко В.В. Анализ современных представлений о свариваемости. // Автоматическая сварка. - 2005. - № 1 – С. 9–13.
23. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А. и др. Справочник сталей и сплавов / под ред. Сорокина В.Г. / - М.: Машиностроение, 1989. - 640 с.
24. Справочник сталей и сплавов / под ред. А.С. Зубченко / - М.: Машиностроение, 2001. - 672 с.
25. Касаткин Б.С., Мусияченко В.Ф. Низколегированные стали высокой прочности для сварных конструкций. - Киев: Техника, 1970. - 188 с.
26. Гривняк И. Свариваемость современных высокопрочных сталей. Сварка и родственные технологии в XXI веке. - Киев, 1998. - С. 41-55.
27. Попов А.А., Попова Л.Е. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита. Справочник термиста. - М.: Машиностроение, 1965. - 496 с.
28. Сефериан Д. Металлургия сварки / Пер. с французского / - М.: Машгиз, 1963. - 347 с.
29. Электронный ресурс: www.metallovedeniye.ru/svarka/uglerodnyj-ekvivalent-i-svarivaemost-stalej.html; www.neftegazpto.ru/kalkulyatory/uglerod

●#2052

Полуавтомат для кислородной резки металлических заготовок большой толщины

В.М. Литвинов, ООО «НИИПТмаш - Опытный завод», **А.Е. Мерзляков**, **С.Н. Косинов**,
А.А. Задорожный, ЧАО «НКМЗ» (Краматорск)

В статье [1] был рассмотрен процесс удаления трещины и подготовки кромок под электрошлаковую сварку (ЭШС) корпуса бойка прессы усилием 5000 тс с помощью кислородной резки металлов больших толщин. При ЭШС заправка и наведение шлаковой ванны в начале сварки, и вывод шлаковой ванны за пределы детали по окончании сварки осуществляется с помощью выводных планок. Таким образом в теле заготовки формируют здоровый сварочный шов, а все дефекты выводятся за пределы свариваемой детали и затем удаляются вместе с технологическими планками с помощью ручной кислородной резки как наиболее дешевого способа.

Считают, что участок ЭШС целесообразно оборудовать стационарным постом ручной кислородной резки для удаления выводных планок и других вспомогательных операций. Если суммарная толщина выводных планок и сварного шва не превышает 300 мм, то выбирают ручной удлиненный резак РЗу или РЗШу [2].

Детали, которые изготавливают на ЧАО «НКМЗ» с применением электрошлаковой сварки зачастую имеют технологические планки толщиной 300 - 520 мм. Специальные резаки РЗ-ФЛЦ [3] и ТОРН-Р [4], рассчитанные на такие толщины, могут использоваться для удаления выводных планок, но они имеют ряд недостатков. Эти резаки предназначены для кислородной резки прибылей литья и крупного металлолома. При выполнении этих операций были определены несколько направлений, позволяющих улучшить конструкцию резака, повысить его работоспособность, мощность и производительность:

- большая масса резака приводит к быстрой усталости газорезчика во время работы;
- значительные габариты головки с мундштуками не позволяют полностью удалять выводные планки и на теле заготовки остается значительный пенек, который во многих случаях препятствует нормальной эксплуатации сваренной детали или увеличивают трудоемкость последующей механической обработки;
- органы управления (вентили и рычажные клапаны), расположенные на резаке, утяжеляют его конструкцию, приводят к увеличению габаритов и главное, являются источником потерь давления рабочих газов, что приводит к уменьшению мощности резака;

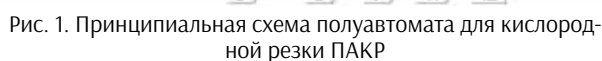
- рассматриваемые резаки при резке выводных планок толщиной до 520 мм не обладают запасом мощности, необходимым для получения качественной поверхности реза и во многих случаях требуют последующей механической обработки;
- низкая скорость резки приводит к повышенным расходам газов – энергоносителей в расчете на выполнение одного реза, что снижает экономичность процесса удаления выводных планок с помощью рассматриваемых резаков.

Если убрать из конструкции резака регулируемые вентили и рычажный клапан, то можно минимизировать или вовсе убрать перечисленные выше недостатки. Резак облегчается, его габариты уменьшаются, габариты головки тоже можно уменьшить, при этом уменьшается или исчезает остаток выводных планок на заготовке. Снижение потерь давления в вентиле, рычажном клапане и других конструктивных элементах приводит к повышению мощности резака, а увеличение запаса мощности резака способствует повышению качества поверхности реза. По сути, ручной резак состоит из головки с мундштуками и газоподводящих трубок, поэтому легко увеличить производительность резака, увеличив поперечное сечение газоподводящих трубок и пересчитав рабочие каналы головки и мундштуков на большие расходы рабочих газов.

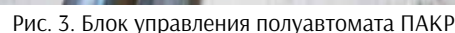
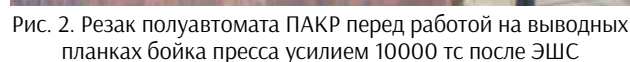
По аналогии с полуавтоматической сваркой в среде защитных газов, где механизирована подача сварочной проволоки, а горелку перемещают вручную, кислородную резку, при которой механизирована подача рабочих газов, а резак перемещают вручную, можно назвать полуавтоматической кислородной резкой (ПАКР).

Полуавтомат для кислородной резки, разработанный для удаления выводных планок при ЭШС крупных деталей, состоит из резака, блока управления рабочими газами и их регулировки, резиноканевых рукавов и узла подсоединения рукавов с рабочими газами к цеховым магистралям. На рукоятке резака предусмотрены два микропереключателя: один для включения и выключения электромагнитного клапана режущего кислорода на блоке управления, второй – служит для включения и выключения клапанов горючего газа и подогревающего кислорода на блоке управления. Клапаны горючего газа и подогревающего кислорода включают-

Принципиальная схема полуавтомата для кислородной резки (ПАКР) приведена на *рис. 1*.



Представление о резке полуавтомата ПАР дает *рис. 2*. Резак лежит на выводных планках бойка пресса усилием 10 000 тс. Эти планки подлежат удалению с помощью полуавтомата ПАР.



Чертежи деталей полуавтомата с расчетными каналами представлены на *рис. 4 – 8*. При необходимости все детали полуавтомата можно изготовить самостоятельно. Для этого достаточно иметь один токарный станок типа 1К62 и один настольно-сверлильный станок.

При эксплуатации полуавтомата ПАКР сначала надо адаптировать его к конкретным условиям цеха. На участке необходимо обустроить газораздаточный пост (ГРП) с вентилями на цеховых магистралях кислорода и природного газа не менее



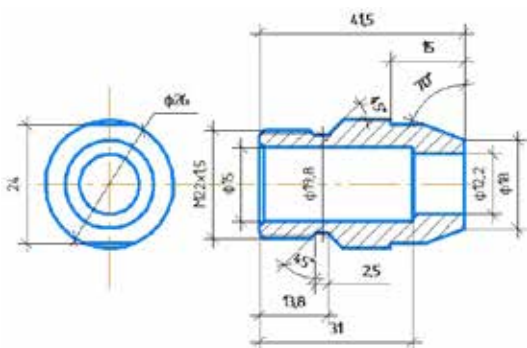


Рис. 6. Мундштук наружный полуавтомата ПАКР

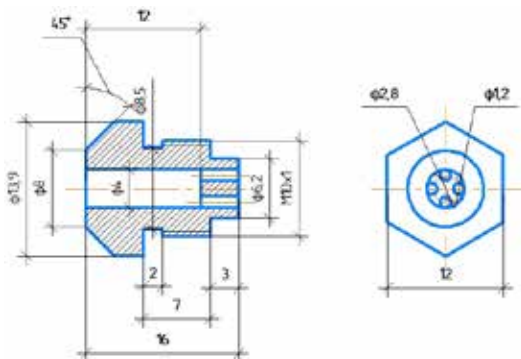


Рис. 7. Инжектор полуавтомата ПАКР

Ду15. В непосредственной близости от ГРП необходимо предусмотреть запирающийся на замок шкаф для хранения резака, блока управления и резиноканевых рукавов в собранном состоянии. Причем отключать полуавтомат ПАКР от цеховых магистралей кислорода и природного газа при его хранении нет необходимости.

При первом использовании полуавтомата ПАКР на новом рабочем месте необходимо включить все электромагнитные клапаны по линиям кислорода режущего, подогревающего и природного газа, и вентилями на ГРП и на блоке управления полуавтомата ПАКР установить параметры рабочих газов в соответствии с *табл. 1*. Затем выключить все электромагнитные клапаны.

Включить электромагнитный клапан природного газа и вентилем на блоке управления отрегулировать расход природного газа таким образом, чтобы фронт пламени при его горении в атмосфере находился от мундштуков резака на расстоянии от 300 до 400 мм.

Затем необходимо включить электромагнитный клапан подогревающего кислорода и, плавно регулируя вентилем на блоке управления, привязать пламя к торцам мундштуков. После привязки пламени резак будет работать стабильно при колебаниях давлений рабочих газов в сетях в широких пределах.

При стабильном горении факела резака необходимо полностью открыть вентиль режущего кислорода на блоке управления и несколько раз включить – выключить режущий кислород. Если пламя отрываться от резака не будет, то полуавтомат ПАКР

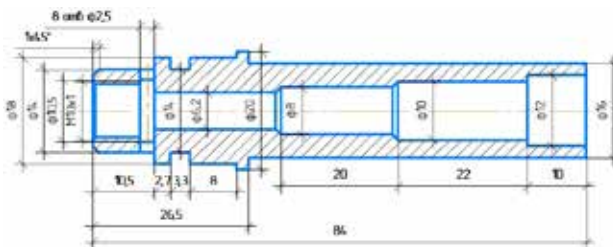


Рис. 8. Смесительная камера полуавтомата ПАКР

Таблица 1. Технические характеристики полуавтомата ПАКР

Толщина разрезаемого металла, мм	300-500	
Давление в цеховой магистрали, МПа	кислорода	1,3
	природного газа	1,0
Давление на входе в резак, МПа	режущего кислорода	0,45 – 0,6
	подогревающего кислорода	0,3 – 0,4
	природного газа	0,04 - 0,06
Расход, м³/час	кислорода	80
	природного газа	8,5
Присоединительная резьба на штуцерах	кислорода	M20x1,5
	горючего газа	M16x1,5 LH

готов к работе. Если пламя проявит склонность к отрыву, то необходимо увеличить расход подогревающего кислорода вентилем на блоке управления.

После настройки режимов резки необходимо выключить все электромагнитные клапаны блока управления. Оборудование готово к работе.

Осмотрев выводные планки и зачистив место врезаания кислородной струи в заготовку, если это необходимо, нужно включить резак. Для этого необходимо предусмотреть любой источник открытого огня, направить на него резак и включить микропереключатель на ручке резака, соединенный с электромагнитными клапанами природного газа и подогревающего кислорода. Сначала воспламенится природный газ и будет гореть на расстоянии 300 – 400 мм от мундшту-



Рис. 9. Кислородная резка выводных планок при ЭШС бойка прессы усилием 10 000 тс с помощью полуавтомата ПАКР



Рис. 10. Процесс кислородной резки выводных планок сварно-литого «Архитрава»

ков, а через 3-4 секунды пламя привяжется к резаку.

Нагрев предполагаемое место врезания в заготовку, включают режущий кислород. Давление режущего кислорода будет нарастать плавно, так как сначала будут заполняться резиноканевые рукава. Воспламенив металл заготовки, нужно перемещать резак в нужном направлении или вручную, как показано на рис. 9, 10, или используя малую механизацию (винт с гайкой), как показано на рис. 11.

Резка с помощью полуавтомата ПАКР начальных и выводных планок суммарной толщиной 320 мм и длиной 3 000 мм с каждой стороны бойка прессы усилием 10 000 тс из стали 5ХНМ показана на рис. 9.

Выводные планки при ЭШС архитрава имеют суммарную толщину также 320 мм. Материал архитрава – сталь 30Л. На рис. 10, слева показана резка



выводных планок на стадии завершения процесса; справа представлена поверхность реза на детали и на отрезанном куске. Процесс удаления выводных планок не вызвал затруднений, качество поверхности реза удовлетворительное.

Наибольший интерес вызвала кислородная резка выводных планок после ЭШС «Траверы», толщина которых составила 520 мм. Для перемещения резака была привлечена малая механизация (винтовая пара, приводимая в движение вручную). На рис. 11, слева показан процесс резки; справа представлена поверхность реза на детали. На рис. 11 видна рама ручного привода, к каретке которого прикреплен резак полуавтомата ПАКР. Некоторая размытость поверхности реза в определенных местах вызвана тем, что ход винтовой пары ручного привода был в несколько раз короче, чем



Рис. 11. Процесс кислородной резки выводных планок после ЭШС «Траверы». Суммарная толщина выводных планок и сварного шва составляет 520 мм. Справа – поверхность реза на детали

длина выводных планок и в процессе резки привод перемещения резака приходилось несколько раз переустанавливать с прерыванием процесса резки. Процесс резки также не вызвал затруднений. Качество поверхности реза хорошее.

Полуавтомат ПАКР для кислородной резки металлов больших толщин был спроектирован для обслуживания участков электрошлаковой сварки НКМЗ, но в процессе его испытаний стало очевидным, что он хорошо себя покажет и при разделке крупного лома, и при выплавке дефектов на поковках.

Конструктивное исполнение резака без запорно-регулирующей арматуры позволяет при сохранении массы и размеров резака, т. е. без каких-либо усложнений условий его эксплуатации значительно увеличить мощность резака. На *рис. 12* показаны испытания полуавтомата ПАКР, резак которого рассчитан на разрезаемую толщину заготовки до 1 м. В этом диапазоне толщин используют или сложные и дорогие машины газовой резки, или испытанный веками способ кислородно-копьевой резки. Но внедрение машин газовой резки металлов больших толщин не всегда экономически целесообразно, так как загрузить их работой не всегда удастся, поэтому продолжают использовать затратный (большие расходы газов - энергоносителей и металлической трубки, рассчитанные на единицу изделия), но единственный способ кислородно-копьевой резки.

Кнопочное включение и выключение режущего кислорода и газов подогревающего пламени повышает комфорт работы газорезчика, он меньше устает, меньше делает ошибок, и это повышает безопасность работы и производительность труда.

О ручном резке для резки заготовок толщиной до 1 000 мм РЗ-ФЛЦ-ВС, используемом в комплекте полуавтомата ПАКР более подробно, можно узнать в книге [5].

Кнопочный резак для выплавки дефектов на поковках в составе полуавтомата ПАКР имеет такие же преимущества, что и резак для разделки крупного лома. Сохраняя массу и размеры резака-аналога, т.е. не усложняя его эксплуатацию, можно значительно увеличить расходы рабочих газов и, значит, увеличить мощность и производительность



Рис. 12. Кислородная резка крупных кусков металлического лома с помощью полуавтомата ПАКР



Рис. 13. Подготовка полуавтомата ПАКР к использованию при выплавке дефектов на поковках

резака. В полуавтомате ПАКР происходит плавное нарастание давления режущего кислорода. Это способствует плавному переходу от лунки выплавляемого металла к здоровому металлу поковки без выхватов и рванин, т.е. повышается качество работ по удалению дефектов на поковке, что приводит к снижению себестоимости изготовления поковки в целом.

Подготовка полуавтомата ПАКР к использованию при выплавке дефектов на поковках показана на *рис. 13*. В конструкции полуавтомата использован наконечник резака для выплавки дефектов, описанный в [6].

Литература.

1. Литвинов В.М., Мерзляков А.Е., Косинов С.Н., Задорожный А.А. Ремонт корпуса бойка ковочного пресса усилием 5000 тс. Часть 1. Вырезка трещины и подготовка поверхности кусков корпуса под электрошлаковую сварку. // Сварщик. – 2021. – № 4. – С. 7–9.
2. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н. Резак РЗШ для газокислородной резки прибылей литья и лома толщиной до 300 мм. // Сварщик. – 2020. – № 6. – С. 7-9.
3. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н. Резак РЗ-ФЛЦ для ручной кислородной резки прибылей крупного литья. // Сварщик. – 2021. – № 1. – С. 21-27.
4. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н. Газокислородные резаки ТОРН-Ш, ТОРН-РК и ТОРН-РКФ для резки крупного лома на габаритные куски. // Сварщик. – 2021. – № 3. – С. 11-13.
5. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. – Киев: НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ, 2017. – 368 с.
6. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н. Газокислородный резак РКВД для выплавки дефектов на поковках в процессе их изготовления. // Сварщик. – 2021. – № 4. – С. 10-13.

●#2053

Модернизация комплекса для электродуговой металлизации КЭМ-1 и его использование при отработке технологии для нанесения покрытий

С.В. Крылов, канд. техн. наук, А.Н. Шалашный, «НТЦ «Промавтосварка» (Мариуполь)

Работоспособность современных машин и агрегатов зачастую напрямую зависит от ресурса работы отдельных узлов или даже отдельных деталей, входящих в состав этих узлов. Одним из способов восстановления изношенных деталей является технология газотермического напыления и, в частности, способ электродуговой металлизации (ЭДМ). Наиболее рационально применять этот метод восстановления тогда, когда технически невозможно или экономически нецелесообразно применять процесс дуговой наплавки.

НТЦ «Промавтосварка» в течение пяти лет проводит экспериментальные и изыскательные работы с целью изучения возможности применения оборудования и технологии ЭДМ в различных отраслях промышленности (транспорт, энергетика, металлургия, строительство и др.). За указанный период было изготовлено и проведено большое количество исследований на опытных образцах с применением проволок различного химического состава и назначения: стальные проволоки (сплошные и порошковые, низко- и высоколегированные с различной структурой), проволоки из цинка, алюминия и его сплавов, из

медных сплавов (оловянистые, кремнистые бронзы, монель-металл), проволоки из баббита марки Б-88 и спраббита, с высоким содержанием никеля.

Образцы подвергались различным видам обработки и испытаний (на адгезионную прочность, обработка резанием, металлографические исследования, замеры твердости).

Наряду с проведением экспериментальных работ по отработке технологии, НТЦ «Промавтосварка» продолжает совершенствовать оборудование для электродуговой металлизации. В 2021 г. была разработана новая модификация металлизатора, получившая наименование ЭМ-03, которая, наряду с уже освоенной моделью металлизатора ЭМ-02, включена в состав комплекса КЭМ-1 (рис. 1).

По сравнению с предыдущей моделью металлизатора ЭМ-02 в новой модели металлизатора ЭМ-03 выполнены следующие улучшения:

1. Оптимизирована система подачи сжатого воздуха в камеру металлизатора. Отпала необходимость в установке отдельного вентиля, рукав подачи воздуха помещен в общий шланг-пакет с каналами подачи проволоки.
2. Улучшена эргономика рукоятки металлизатора, исключена необходимость установки тумблера включения подачи проволоки.
3. Упрощено управление моментом старта и окончания процесса металлизации, осуществляемое нажатием кнопки на рукоятке металлизатора.
4. Изменена конструкция огневой части металлизатора, что позволило улучшить его надежность и работоспособность, особенно при использовании жестких стальных проволок.

НТЦ «Промавтосварка» производит и поставляет комплекс КЭМ-1 совместно с услугой проведения пуско-наладочных работ, а также оказывает информационную и техническую поддержку при внедрении технологии и оборудования ЭДМ в условиях реального производства.

● #2054



Рис. 1. Комплекс для электродуговой металлизации КЭМ-1 с металлизатором ЭМ-03 (а) и его применение для нанесения покрытий (б)

«НТЦ «ПРОМАВТОСВАРКА»
 тел.: (067) 627-41-51,
 (098) 126-37-42,
 (097) 109-75-71
 E-mail: 379731@promavtosvarka.com.ua
www.promavtosvarka.com.ua
www.anticorr.com.ua

Завдяки новому зварювальному процесу MicorTwin від компанії Lorch з'єднувати вимогливі зовнішні шви тепер можна вдвічі швидше

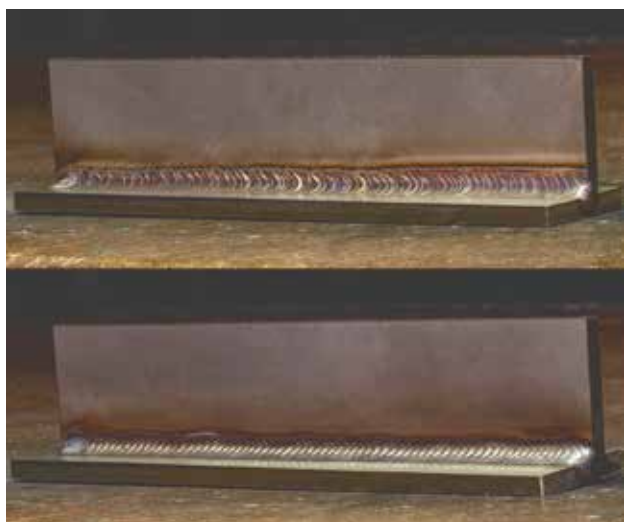
Красиві шви за максимальної швидкості зварювання.

Завдяки новому процесу зварювання MicorTwin від компанії Lorch Schweißtechnik з'єднувати складні видимі шви, які зазвичай до цих пір виконуються за допомогою трудомісткого процесу WIG (дугове зварювання неплавким електродом), стало набагато швидше і простіше за допомогою MIG-MAG (дугове зварювання в атмосфері інертного газу - активного газу). На додаток до відмінної якості шва MicorTwin пропонує вдвічі більшу швидкість зварювання в порівнянні з WIG-процесом і значно полегшує обробку.

Раніше процес WIG використовувався для отримання особливо красивих і рівномірних швів при роботі з алюмінієм, нержавіючою сталлю (CrNi)



Мал. 1. Найкращі зварювальні шви при подвійній швидкості завдяки інноваційному процесу зварювання MicorTwin від компанії Lorch



Мал. 2. Порівняння показує: MicorTwin (нижче) пропонує зовнішній вигляд та якість WIG-шва (вище) зі швидкістю MIG-MAG-шва (нижче)

та тонкими і середніми сталевими листами. Але WIG-процес в чистому вигляді займає багато часу і не може конкурувати з ефективністю процесу MIG-MAG. Новий процес зварювання MicorTwin від компанії Lorch забезпечує не тільки на 100% вищу швидкість зварювання, але, як показує порівняння зварних швів, допомагає отримати такий зовнішній вигляд шва, який нічим не поступається результатам WIG-процесу.

Зовнішній вигляд зварного шва можна зручно контролювати за допомогою динамічних налаштувань процесу MicorTwin. Зварювальні програми вже оптимізовані для досягнення найкращих результатів у всій області застосування, що дозволяє починати зварювання без будь-якої складної настройки, щоб зосередитися на тому, що дійсно важливо: ідеальний зовнішній вигляд зварного шва, висока швидкість зварювання і індивідуальні динамічні налаштування.

За допомогою зручного динамічного налаштування можна не лише індивідуально адаптувати зовнішній вигляд шва, але також вибрати ступінь лущення від дрібної до грубої.

Зокрема, це дозволяє нам легко виготовити такі елементи, як рами (велосипеди, транспортні засоби), стелажі (столи, стільці, ліжка) тощо, де відмінний вигляд шва є важливою умовою.

Франк Кнуф, відповідальний за розробку зварювальних методів компанії Lorch: «Я б ніколи не подумав, що завдяки процесу MIG-MAG можна досягти



Мал. 3. Необхідний зварювальний шов завдяки натисненню кнопки: за допомогою динамічного налаштування можна індивідуально адаптувати ступінь лущення – від грубої (вище) до звичайної та дрібної (нижче)



Мал. 4. Навіть найтонші шви у випадку складних робіт із легкими металами (показаний алюміній) можна без проблем зварювати з високою якістю завдяки новій технології MicorTwin

такого привабливого зовнішнього вигляду шва при такій швидкості».

Ще одна перевага MicorTwin полягає в його простій експлуатації. Зварювальні програми оптимізовані для всієї сфери застосування таким чином, що роботу можна почати відразу, без трудомісткого налаштування параметрів. Це дозволяє отримати ідеальний зовнішній вигляд шва без втрати можливості належного управління процесом MIG-MAG. Особливо в часи, коли тиск конкуренції та витрати зростають, це рішення пропонує підприємствам чудові додаткові перспективи.

Передумовою для оновлення MicorTwin є система MicorMIG з активованим імпульсним процесом. MicorTwin доступний для всіх класів потужності (300, 350, 400, 500 A) імпульсної серії апаратів MicorMIG компанії Lorch. Для нових систем інноваційний процес зварювання вже включений в ціну пакета FullProcess. Для вже наявних імпульсних систем MicorMIG (починаючи з 2018 р. постачання) можна з легкістю здійснити оновлення з до-



Мал. 6. Процес MicorTwin при виконанні складних робіт забезпечує найкращі зварювальні властивості при зварюванні сталі, алюмінію і нержавіючої сталі



Мал. 5. Основою для здійснення процесу MicorTwin є імпульсна серія апаратів MicorMIG компанії Lorch. Вони доступні в різних класах потужності: 300, 350, 400 та 500 A

даванням MicorTwin за допомогою NFC-карти.

«Завдяки новому процесу зварювання нам вдалося переробити багато способів застосування, при яких досягти необхідного зовнішнього вигляду швів можна було лише за допомогою процесу WIG, в значно більш ефективний процес MIG-MAG», – каже Максиміліан Гіпп, менеджер по продукції, відповідальний за технологію MicorTwin у компанії Lorch. – «Окрім чудового зовнішнього вигляду шва та величезної переваги в швидкості, цей процес також дає можливість більш цілеспрямовано планувати розміщення персоналу». – «Завдяки більш легкій обробці під час процесу MicorTwin, майже кожне підприємство може досягати високоякісних швів в умовах високої продуктивності. Висококваліфіковані зварювальники WIG отримають розвантаження, а зварювальники MIG-MAG отримають новий процес, який є простим у використанні, проте забезпечує максимальну якість».

Крім того, деяким підприємствам більше не доведеться утримувати додаткове обладнання для WIG (TIG). Завдяки MicorTwin можна отримати красиві та рівномірні шви, особливо при з'єднанні тонких листів і листів середньої товщини від 1 до 8 мм.

Lorch Schweißtechnik GmbH є одним із провідних виробників систем дугового зварювання для промислового застосування, складних робіт по металу з використанням автоматизації з роботами і системами робіт взаємної дії. Понад 60 років якісні системи Lorch виробляються в Німеччині на одному з найсучасніших підприємств у світі та експортуються в більш ніж 60 країн. Зварювальні технології компанії Lorch поєднують великі практичні переваги, просту експлуатацію та високу економічну ефективність, встановлюючи нові технологічні стандарти на ринку.

Публікується на правах реклами

● #2055



ТОВ «РЕВЕЛД»

вул. Бориспільська, 9, кор. 61, м. Київ, 02099
тел.: +38 0 44 369-56-54, (067) 627-48-49
e-mail: office@reweld.com.ua
www.reweld.com.ua

Технологічні інновації компанії Triada-Welding

Ми робимо світ технологічнішим, створюючи розумні виробництва – місія компанії Triada-Welding.

Підприємство засноване у 1992 році. **Triada-Welding** – інжинірингова компанія, системний інтегратор роботизованих комплексів, спеціалізується у наданні інженерно-технічних послуг, розробці технологій, пов'язаних з розвитком і становленням різних зварювальних виробництв.

Протягом багатьох років інжинірингова компанія Triada-Welding створює технології зварювання і впроваджує проекти з роботизації. Компанія фокусується на industry engineering, водночас акцентуючи увагу на технологічних інноваціях при впровадженні роботизації на промислових підприємствах. Разом з цим активно веде розробки та дослідження нових технологій адитивного виробництва, виконує роботи на аутсорсинг, поширює на виробничих майданчиках програму цифрових трансформацій **TriadaTES**.

Програма технологічної інжинірингової підтримки **TriadaTES** (Technological Engineering Support) створена і розгортається у відповідь на серйозний виклик сучасності – дефіцит висококваліфікованих кадрів на виробництві, ще й загострення ризиків часу пандемії. Тріада пропонує системне обслуговування і ведення повномасштабного діалогу з урахуванням всіх особливостей виробництва замовника: моментальне реагування, синхронізацію та інтеграцію своїх знань і досвіду, інтелектуальних можливостей в інжинірингу, а також вирішення комплексних питань виробництва, фахівці компанії готові налагодити і навчити, підтримати технічно будь-яке виробництво.

Програма **TriadaTES** – потужний стимул для розгортання сучасних промислових підприємств, які хочуть створити високотехнологічне сучасне виробництво або вже запустили процеси його модернізації, бо роботизація – прекрасна можливість використовувати свій потенціал для виходу на зовнішні ринки. Така позиція дозволяє компа-

нії Triada-Welding бути лідером з промислової роботизації в Україні та активно просувати технології роботизації промислових процесів поза її межами: на ринок Казахстану, Узбекистану та ін.

Цифрова трансформація стає драйвером зростання промисловості. Світ змінюється. Нові технології Industry 4.0 вимагають змін мислення та потребують інших підходів і ставлення до робочих процесів. З одного боку, це серйозний виклик, з іншого – нові можливості і переваги для бізнесу. Стає зрозумілим, з використанням сучасних предиктивних технологій можна більш ефективно використовувати обладнання, робити постійний моніторинг і аналіз даних його роботи, не допускаючи простою або браку. Зараз Triada-Welding активно співпрацює з вітчизняним IT-розробником – компанією **IT-Interprise**, лідером





ринку IT-рішень для промислових підприємств, яка має досвід створення сучасних предиктивних технологій, рішень для організації Smart Factory та спеціалізованих IT-рішень, що ведуть до прискорення роботизації завдяки інструментам онлайн керування.

У своєму технічному центрі Triada-Welding використовує предиктивні технології: встановило на робот КОЕЕВОХ – пристрій для відстеження та аналізу ефективності використання обладнання. Діагностика дозволяє бачити стан обладнання, чітко відстежувати показники його роботи і відхилення від норми: режими роботи, споживану потужність, фіксуються завантаження і простої. Усі дані надходять на монітор і збираються в базу, потім аналізуються. Інформація надходить в режимі online. Аналіз якісних показників роботи обладнання дозволяє передбачити його можливі збої і усунути відхилення на початкових етапах, система сама розраховує коефіцієнт технічної готовності і коефіцієнт використання обладнання. Грунтуючись на власному досвіді використання IT-пристроїв, Triada-Welding пропонує в своїх проектах по роботизації рішення КОЕЕВОХ і вже включила його в свою програму технологічної інжинірингової підтримки **TriadaTES**.

Компанія Triada-Welding, як інтегратор роботизованих комплексів у промисловості, синтезує синергію IT-сектору і промисловості для висвітлювання важливої ідеї – з використанням IT-продуктів національний промисловий сектор стає smart:



розумним, більш концентрованим, щоб зростати активно і масштабно.

Відтепер усі проекти з роботизації Triada-Welding максимально посилює сучасними IT-рішеннями, що дозволяє підприємствам-замовникам не тільки досягати високої якості продукції, збільшувати її випуск, ставати конкурентноздатними і виходити на зовнішні ринки, а і при цьому максимально контролювати всі процеси виробництва задля ефективності використання обладнання.

Компанія Triada-Welding - єдиний сертифікований в Україні офіційний представник світових виробників зварювального обладнання: Fronius (Австрія), робопериферії Abicor Binzel (Німеччина), роботів Yaskawa (Японія), а також одного з кращих у світі виробників зварювальних матеріалів Askaynak (Туреччина). Тріада має власні технологічний і сервісний центри, на базі яких проходять навчання студенти, майбутні інженери та фахівці із зварювання. Компанія є активним учасником Запорізького Кластеру ІАМ (Інжиніринг. Автоматизація. Машинобудування), АППАУ (Асоціація підприємств промислової автоматизації) та ін. Досвід співпраці з вищими і середніми навчальними заходами, науковими і дослідницькими інститутами, зв'язок з найкращими інноваційними лабораторіями і підприємствами Європи і України, забезпечує єдність цілей і цінностей з партнерами у проектах, які мають величезне значення для побудови майбутнього.

Пошук нових шляхів використання технологій для зміни існуючих систем виробництва є активною позицією компанії і відкриває можливості розвитку для промисловості в цілому в рамках концепції Industry 4.0 в Україні.

Олена Красносельська

● #2056



ТОВ «ТРИАДА ЛТД КО»

т.: (067) 333-10-58,

(050) 322-95-53

e-mail: sales@triada-welding.com

www.triada-welding.com

Удаление сварочного дыма при помощи вытяжной техники производства KEMPER

Сварочное производство считается, пожалуй, одним из самых вредных мест для рабочей деятельности человека ввиду того, что во время технологического процесса выбрасывается огромное количество вредных веществ, таких как: хром, никель, мышьяк, асбест, кадмий, соединения фтора, марганец, кремний, бериллий, кобальт, медь, свинец, озон, селен и цинк, которые могут быть чрезвычайно токсичны. Сварочные работы провоцируют насыщение окружающего воздуха фтористыми соединениями, окисями озона, азота и оксидами углерода, провоцирующими развитие опасных (т. н. «профессиональных») заболеваний и несущих вред окружающей среде. По этой причине при организации сварочного поста обязательно и непременно нужно создать качественную вентиляцию.

Устройства удаления сварочного дыма и вытяжные устройства марки **KEMPER** отличаются высочайшей надежностью и безупречным качеством.



KEMPER - защита от вредных факторов сварочного производства



Мобильные фильтровентиляционные установки Kemper

Предлагая широкий ассортимент мобильных вытяжных устройств и «умных» фильтровальных установок – от эффективных систем вентилирования помещений до индивидуального вытяжного оборудования для металлообрабатывающей промышленности, компания KEMPER вот уже более 40 лет заботится о безопасности и эффективной охране труда на рабочих местах. Вытяжные системы для одного или нескольких рабочих мест, мобильные вытяжные устройства и настенные фильтровальные устройства, системы поддерживающей вентиляции для цехов – компания **KEMPER** готова предложить подходящее решение для любой задачи.

Компания «Саммит», официальный представитель KEMPER в Украине, предлагает различные варианты фильтровентиляционных систем для защиты от вредных факторов сварочного производства на Вашем предприятии:

Мобильные фильтровентиляционные установки:

- с одноразовым фильтром: SmartMaster, ProfiMaster, MaxiFil;
- с очищаемым фильтром: Filter Master XL, MaxiFil Clean.

Стационарные вытяжные системы:

- с одноразовым фильтром: MaxiFil Stationary, стол с фильтрующим устройством;
- с очищаемым фильтром: Filter Cell XL, Cartridge Filter.

Вытяжные рукава от двух до десяти метров.

Вытяжные вентиляторы и вентиляторы для централизованной системы фильтровентиляции воздуха.

Высоковакуумные фильтровентиляционные установки:

- с одноразовым фильтром MiniFil;
- с очищаемым фильтром Dusty, VacuFil.

Системы фильтровентиляции цехов и рабочих помещений:

- ClearAirTower;
- KemJet.

Централизованные вентиляционные системы:

- наружные;
- внутрицеховые.

Охрана труда и организация рабочего места:

- защитные шторы и жалюзи;
- защитные экраны и панели.

● #2057



ООО «САММИТ»

KEMPER

49089, г. Днепр, ул. Суворова, 35

Тел.: +38 (067) 561-32-24, +38 (050) 661-32-24

e-mail: summit_dnepr@ukr.net, dnepr@kemppi.in.ua

www.sammit.dp.ua, www.kemppi.in.ua

Swiss Air – нова система захисту дихання від Optrel

Швейцарська компанія Optrel AG послідовно виводить на ринок нові продукти. Сьогодні ми пропонуємо вашій увазі чергову розробку – систему захисту органів дихання Swiss Air із потужним вентиляторним блоком та високоефективним фільтром.

Будова та характеристики

В Optrel пристрій називають «революційною системою захисту дихання». Ми спробуємо розповісти про новинку неупереджено, розглядаючи конструкцію та виділяючи особливості.

Система захисту дихання Optrel Swiss Air призначена для забезпечення чистим повітрям та дозволяє дихати також вільно, як ніби ви дихаєте на природі.

Багато робочих місць в промислових умовах страждають від викидів шкідливих речовин, таких як дим, частинки сажі, дрібний пил, оксиди азоту, озон або віруси, потрапляючи в легені через ніс, горло і трахею вони можуть викликати астму, хронічний кашель, бронхіт або інші респіраторні захворювання, включаючи рак легень.

Optrel Swiss Air являє собою ранцеву підвіску вентиляторного блоку із багатоступеневою системою фільтрації, від якого по гнучкому шлангу,

який роздвоюється в області шиї на зразок форми літери «Y», повітря подається у простір ергономічної маски з двома клапанами видиху. Регульований потік очищеного повітря, що подається для дихання, становить в залежності від режиму 100-130 л/хв. Розумна електроніка компенсує подачу відповідно із змінною висотою розташування користувача та температури навколишнього середовища.

Ступінь фільтрації – найвищий клас ТНЗ (відповідно до ГОСТ 12.4.234-2012 (EN 12941: 1998). Надійно фільтрується 99,8 % всіх шкідливих часток, аерозолів, парів, диму та вірусів із повітря, яке вдихається (дозволяє працювати в забруднених середовищах при перевищеній концентрації до 500 ГДК!).

З'ємний акумулятор живлення заряджається як сучасний телефон від поширеної зарядки USB type-C. Звертаємо Вашу увагу на компактний розмір акумуляторного блоку: інноваційні технології беруть своє. Особливо, якщо взяти до відома, що заряду акумулятора вистачає на 14 годин безперервної роботи!

Вага системи фільтрів становить всього 550 г. Плечові ремені ідеально розподіляють цю необтяжливу вагу та сприяють комфортній роботі тривалий час. **Вся система цілком важить рекордні 1200 г!**





Слід сказати про задум конструкторів, які подумали про застосування системи в замкнутих просторах. Блок фільтрів розташований на спині, а не на поясі. Це незвичне рішення, однак, на практиці воно може виявитися кращим. Габарити фігури людини в області поясу не збільшуються, а це може бути критичним для переміщення через вузькі лази та люки. У зв'язку з цим нагадаємо що габарит блоку фільтрів становить 250×175×50 мм. Товщина всього 50 мм!

Продумана можливість прання. Елементи ранцевої системи приєднують вентиляторний блок ремнями на «липучках». Це означає, що всі текстильні елементи можна відстебнути та поправити.

Включення в систему

Блок фільтрації знаходиться на спині, між лопаток, гнучкий шланг від нього йде вгору. Реміні наголів'я, що охоплюють голову, виконані з м'якого текстильного матеріалу, що не задирає волосся. Y-образний плоский шланг підведення очищеного повітря при цьому розташований на шії. У плоскі сопла шлангу вставляються відповідні порти дихальної маски. Чіткість та правильність установки маски контролюється характерним клацаючим звуком.

Особливістю системи є те, що вона не вимагає примірки. Діапазон регулювань наголів'я, ремінів маски та плечових ремінів охоплюють допуски для розмірів від XS до XL.

Панель управління

Панель управління являє собою грушоподібний пластиковий пульт, він зручно лягає в руку. Колесо для управління має великий діаметр та містить виступ, який легко намацувати навіть в рукавичках. При обертанні колеса для управління до відповідного клацаючого звуку – апарат включається. Відразу лицем відчувається потік свіжого повітря. Обертаючи колесо далі від «точки включення», подача повітря збільшується, а в зворотну – змен-



шується. Все дуже просто та інтуїтивно зрозуміло. Немає ніяких кнопок, які ще потрібно знайти, перед тим як натиснути: це оцінено і продумано.

Панель управління закріплена на нагрудному реміні «липучкою». Її можна від'єднувати і підносити ближче до очей. Ремінь не дозволить панелі загубитися. Єдине, що слід зробити подивившись на показники – це повернути її в точку фіксації. На панель управління винесені індикатори заряду батареї та заповнення фільтра. У фазі наповнення фільтра індикація попереджає спочатку жовтим світінням, а перед самим наповненням – червоним. Реалізована логіка «світлофора».

Крім того, в критичних режимах активізується додаткова акустична система, що подає сигнал:

- при низькому/дуже низькому заряду батареї,
- при суттєвому забрудненні фільтра,
- при відсутності фільтра та низькому потоці повітря.

Все логічно, доступно та вимагає мінімуму знань для початку роботи!

Вентиляторний блок

Потужний фільтруючий блок найвищого класу захисту TH3 з інноваційним ультра-плоским дизайном. Легкий і зручний в носінні та високоефективний при використанні. Вентиляторний блок має автоматичне калібрування витрати повітря. Рівні подачі повітря:

- рівень 1: мінімум 100 л/хв.,
- рівень 2: мінімум 115 л/хв.,
- рівень 3: мінімум 130 л/хв.

Всі рівні з автоматичним регулюванням витрати повітря (рівні налаштовуються безпосередньо на вентиляторі та регулюються за допомогою передньої панелі управління). Рівень шуму – не вище 70 дБ.

Напівмаска

Вентильована напівмаска виконана з вогнетривкого матеріалу, що вказує на початкову спрямованість системи захисту дихання для застосування



зварниками. Optrel випускає чимало сучасних ЗІЗ для проведення зварювальних та очисних робіт, і система для захисту дихання проектувалася з прицілом на ці завдання. Але не тільки, і про це ми ще скажемо нижче.

В масці встановлені два клапани видиху з силіконовими мембранами. Маска повністю закриває область рота і носу. Регулювання затяжками дозволяє підігнати маску для надійного прилягання. При роботі в масці додатковий тиск підтримує подих та запобігає втомі.

Можливість поєднання з іншими ЗІЗ

Система захисту органів дихання Optrel Swiss Air не залежить від шолому або іншого захисного спорядження і тому є найбільш універсальною з усіх систем захисту органів дихання Optrel.

Маска та наголів'я добре поєднуються з касками та окулярами більшості виробників. М'яка зов-



нішня оболонка маски та еластичні низькопрофільні реміні наголів'я обрані конструкторами для цієї мети не випадково. І звичайно ж дихальна система Optrel найкращим чином поєднується та узгоджено працює з усіма зварювальними масками Optrel. У комплексі – це високоефективний засіб захисту дихання і зору, шкіри обличчя та ший.

З думками про екологію

Продукт відповідає найсучаснішим «зеленим» критеріям сучасного виробництва. Маркується як «Кліматично нейтральний продукт». За кожен проданий комплект Optrel виділяє кошти на посадку одного дерева і таким чином нейтралізує викиди CO₂. Крім того, корпуси блоку фільтрації виготовляються з повторно переробленого пластику. Змінюється свідомість виробників, створюються сучасні продукти для кращого життя!

Сфера застосування

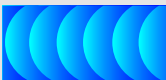
Система передбачає гнучке використання для широкого спектру робіт. Пристрій рекомендується для проведення зварювання, плазмового різання, шліфування та інших технологічних процесів обробки металу, деревини, для будівництва, знесення, роботи з сипучими речовинами, в переробці відходів, для лабораторних та фармакологічних технологічних процесів, для застосування в медицині догляду за хворими (в т. ч. з вірусними інфекціями).

Система захисту органів дихання Swiss Air відповідає EN 12941 та вимогам ЕАС TP TC 019/2011.

Публікується на правах реклами

● #2058





INMACH

ТОВ «Інмаш Україна»
 вул. Ак. Кримського, 4А, м. Київ
 +38 044 221-52-20
info@inmach.ua
www.inmach.ua



Качество. Безопасность. Профессионализм.

для работы на рынке



**Сертификация продукции
в соответствии с требованиями:**

ТР ТС(ЕАЭС) 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»

ТР ТС(ЕАЭС) 032/2013 «О безопасности оборудования,
работающего под избыточным давлением»

**Аккредитованная по ISO 17025
лаборатория неразрушающего контроля
и технической диагностики**

Унитарное предприятие «БЕЛГАЗПРОМДИАГНОСТИКА»
220073, Беларусь, г. Минск, ул. Гусовского, 10, 2-й этаж

Тел./факс +375 17 316-02-00, 316-02-05. Сот. тел.: +375 29 653-08-68
e-mail: info@diag.by, osp@diag.by, www.diag.by

НАВКО- ТЕХ

Automatic machines and robots for arc welding



АВТОМАТИЧНІ УСТАНОВКИ ТА РОБОТИ ДЛЯ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ І НАПЛАВЛЕННЯ



УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ
ПРЯМОЛІНІЙНИХ ТА КІЛЬЦЕВИХ ШВІВ
РОБОТОТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ
ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ
ЗВАРЮВАЛЬНА АППАРАТУРА



Україна, Київ

Тел.: +38 044 456-40-20

Факс: +38 044 456-83-53

e-mail: info@navko-teh.kiev.ua

www.navko-teh.kiev.ua

СВАРКА
МЕТАЛІЗАЦІЯ



КЕМ-1

- ВІДНОВЛЕННЯ

- ДЕКОРАТИВНЕ ПОКРИТТЯ



Науково-технологічний центр «Промавтосварка» пропонує КОМПЛЕКС ДЛЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОЇ МЕТАЛІЗАЦІЇ

для відновлення геометричних розмірів
і нанесення захисних покриттів
на металеві поверхні різної конфігурації.

- АНТИКОРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ



379731@promavtosvarka.com.ua
www.anticorr.com.ua
(067) 627-41-51, (050) 537-61-45
(067) 378-45-38



XX МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ – 2021

МІЖНАРОДНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСТАВКИ



МЕТАЛООБРОБКА



УКРЗВАРЮВАННЯ



УКРВТОР
TECH



УКРПРОМ
АВТОМАТИЗАЦІЯ



БЕЗПЕКА
ВИРОБНИЦТВА



ГІДРАВЛІКА
ПНЕВМАТИКА



ПІДШИПНИКИ



УКРЛІФТО



ЗРАЗКИ, СТАНДАРТИ
ЕТАЛОНИ, ПРИЛАДИ



ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНЕ
СКЛАДСЬКЕ ОБЛАДНАННЯ

ufi
Approved
Event



ОРГАНІЗАТОР:
Міжнародний виставковий центр

Генеральний
інформаційний партнер:

ОБОРУДОВАННЯ
ІНСТРУМЕНТИ

Ексклюзивний
медіа партнер:

ЖУРНАЛ
ГОЛОВНОГО
ІНЖЕНЕРА

Технічний
партнер:

RentMedia

16-19
ЛИСТОПАДА



+38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58

e-mail: alexk@iec-expo.com.ua

www.iec-expo.com.ua, www.мвц.укр

www.tech-expo.com.ua

**МІЖНАРОДНИЙ
ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР**
Україна, Київ, Броварський пр-т, 15
М "Лівобережна"

XIII Міжнародна спеціалізована виставка. Київський Технічний Ярмарок

Виставки допомагають зустрітися всім тим, хто виробляє, продає, імпортує, інвестує і впроваджує продукцію на ринок України.

З 15 по 18 червня 2021 р. на території Міжнародного виставкового центру в м. Києві відбулися в єдиному форматі технічні виставки:

XIII Міжнародна спеціалізована виставка Київський Технічний Ярмарок; XIII Міжнародна спеціалізована виставка Plast Expo UA; V Міжнародна спеціалізована виставка Addit Expo 3D; III Міжнародна спеціалізована виставка Лак&Фарба Expo UA.

Організатор виставок - Міжнародний виставковий центр (МВЦ). 4 виставкових заходи розмістилися на площі понад 5 000 кв.м. У дні роботи заходів МВЦ відвідало 5 824 вузькопрофільних фахівців. Загальна кількість учасників комплексу виставок: 135 підприємств.

Провідні представники галузей з України, європейських і азійських країн представили оригінальні технології виробництва і переробки полімерів, обладнання для наукових досліджень, сировину, комплектуючі, сервіс і професійні консультації.

Програму виставок склали 18 різнопланових заходів.

Об'єднання на одному майданчику комплексу різних за тематикою виставок вкотре виявилася вдалим рішенням. При різній на перший погляд тематиці очевидно, що такі напрямки, як полімери, лакофарбова продукція, 3D-друк і металообробка, тісно переплітаються і вдало поєднуються один з одним. Аудиторія тих, що цікавляться - вузькопрофільні фахівці в галузях машинобудування, металообробки, створення прототипів, авіа- і ракетобудування, будівельної, автомобільної і електронної індустрії, медицини, ювелірної промисловості, сфери моди і мистецтва. Для них так чи інакше є актуальними практично всі з представлених напрямків. І концепція перетікання однієї виставки тут же в іншу, суміжну, виявилася дуже зручною.

За результатами проведення заходу можна зробити висновок, що учасники ринку продовжують розвиватися, рости, створювати інноваційні розробки. Це говорить про їх впевненість у завтрашньому дні та майбутній успіх індустрії.



Київський Технічний Ярмарок. Спостерігалася тенденція активізації українських виробників - вони були представлені у всіх експозиціях: металообробне обладнання, зварювальне обладнання та матеріали, програмне забезпечення, робототехніка, вантажопідйомна техніка та складське обладнання. Очевидно, що така тенденція виникла через ситуацію у світі, яка відбилася на неможливості доставки вантажів з-за кордону закордонними компаніями. Однак радує, що вітчизняні підприємства сповна оцінили додаткові можливості щодо заповнення ринку, що відкрилися. Відразу кілька учасників надали можливість побачити на своїх стендах роботу сучасного обладнання. А відвідувачі відзначили, що український виробник обладнання не поступається, а за деякими параметрами навіть виграв порівняння з провідними європейськими компаніями. Незаперечний плюс на користь наших експонентів - можливість надавати повний комплекс послуг у своїх сферах, що й було продемонстровано в рамках ярмарку.

На виставці **Plast Expo** відвідувачі мали можливість познайомитися з провідними технологіями та досягненнями галузі, дізнатися про сучасні матеріали, передове обладнання для виробництва і переробки поліуретанів, актуальні теми в області переробки пластмас. Виступали найдосвідченіші фахівці галузі. Багато говорили й про останні зміни та нововведення в законодавстві, в т.ч. про прийнятий Закон «Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України»: нові реалії галузі, шляхи адаптації виробників і дистриб'юторів до них. По-справжньому живе спілкування принесло всім багато емоцій, вражень і, як ми розраховуємо, користі. Форум проводиться другий рік поспіль, і інтерес до нього з боку відвідувачів зростає. Анонсуємо його проведення і на наступний рік.

На виставці **Addit Expo 3D** обговорювалися різнопланові теми: інтеграція технологій високоякісного 3D-друку металом у сучасне виробництво; лазерне спікання як найбільш універсальна технологія 3D-друку; серійне виробництво деталей на 3D-принтерах. Висвітлювалися останні сучасні тенденції, у т.ч., ексклюзивний сонячний 3D-принтер українського виробництва. Вперше на виставці була представлена абсолютно нова для України тема рециклінгу пластикових відходів у 3D-друк.



Об'єднання на одному майданчику комплексу різних за тематикою виставок вкотре виявилось вдалим рішенням. При різній на перший погляд тематиці очевидно, що такі напрями, як полімери, лакофарбова продукція, 3D-друк і металообробка, тісно переплітаються і вдало поєднуються один з одним. Аудиторія тих, що цікавляться - вузькопрофільні фахівці в галузях машинобудування, металообробки, створення прототипів, авіа- і ракетобудування, будівельної, автомобільної і електронної індустрій, медицини, ювелірної промисловості тощо. Для них так чи інакше є актуальними практично всі з представлених напрямків. І концепція перетікання однієї виставки в іншу, суміжну, виявилася дуже зручною.

Відвідування виставки урядовими особами є демонстрацією високого рівня наших заходів, показником рівня зацікавленості як в самій виставці, так і в продукції, технологіях і послугах, які подаються експонентами.

Заступник Міністра закордонних справ України, Боднар Василь Миронович, відвідав комплекс технічних виставок у МВЦ та проявив зацікавленість у розвитку індустрії технологій та інновацій в Україні.

Для самих учасників бачити перших осіб держави серед тих, кому цікава їх праця та її результати – це теж найвища оцінка та неймовірна мотивація.

Відгуки експонентів про виставку:

TOB ARAMIS: «Не зважаючи на карантинні обмеження, на стенді ARAMIS було людно. Ми були раді новим знайомствам з українськими та іноземними виробниками, котрі приїхали на виставку у пошуках обладнання для розвитку або модернізації своїх підприємств.

Побачивши верстати ARAMIS у дії, багато хто був приємно здивований тим, що в Україні існує виробник лазерного обладнання, що не поступається, а за рядом параметрів навіть перевершує, обладнання провідних європейських компаній. Так наші гості з Польщі, Нігерії, Сенегалу, США, Туреччини, Казахстану та Білорусі відмітили привабливе співвідношення ціни та якості на лазерні комплекси ARAMIS та висловили значну зацікавленість у подальшій співпраці. Не менш приємно було зустріти й наших постійних клієнтів, котрі прийшли на виставку ознайомитись із новинками компанії та підібрати додаткове обладнання для свого виробництва. При цьому, деякі клієнти забрали обладнання прямо з експозиції...»

Цього року **TOB КВЕРБ** у черговий раз представив обладнання для обробки металу на Київській Технічній Ярмарці 2021. «Не зважаючи на об'єктивно непросту ситуацію у зв'язку з Covid 19 виставка зібрала представницький склад учасників і вийшла масштабною і цікавою. Такі події дають чудову можливість зустрітись очно. Було представлено дуже багато компаній як українських, так і зарубіжних. Ми безмежно вдячні, що в нас була можливість не тільки подивитися, але й поспілкуватися особисто як з учасниками, так і з нашими клієнтами».

DURMAZLAR: «Участь у виставці такого класу дозволяє нам організувати зустрічі з максимальною кількістю наших партнерів протягом всього одного тижня. Організатори забезпечили для нас чудову нагоду комфортно й ефективно провести переговори та продемонструвати обладнання».

TOB МАШИНТЕХ: «Дуже задоволені участю, тому що це дає нам позитивний результат».

За результатами проведення виставок можна зробити висновок, що учасники ринку продовжують розвиватися, рости, створювати інноваційні розробки. Це говорить про їх впевненість у завтрашньому дні та майбутній успіх індустрії.

Успіх виставки був цілком очікуваним. Люди скучили за можливістю живого спілкування, за синергією, за цікавими живими подіями у своїй галузі. Крім того, виставкові заходи - один з кращих бізнес-майданчиків для підприємців, які зацікавлені в пошуках найбільш вигідних способів просування своєї продукції, послуг та інвестицій.

Презентація власної продукції широкій аудиторії, знайомство з останніми віяннями та тенденціями ринку, обмін досвідом, нові зв'язки - все це невід'ємні та значущі складові будь-якого виставкового заходу. Однак варто пам'ятати, що діяльність будь-якої компанії, у кінцевому рахунку, націлена на продажі, а ефективність участі у виставках і торгових ярмарках визначається числом укладених контрактів.

Можна з щирою гордістю заявити, що всі витрачені на організацію і проведення такого заходу зусилля себе виправдали! Багато експонентів, привізши з собою багатотонне дороге устаткування, їхали без нічого. А це найефективніший показник виставки, що говорить про те, що всі наші спільні зусилля себе повністю виправдали!

Організатори висловлюють подяку учасникам і гостям виставок. Разом з Вами, завдяки Вам і заради Вас вдалося зробити подію ефектною, наповненою, результативною та цікавою. Незважаючи на зовнішні обставини, через які терміни заходу в цьому році довелося перенести, Ви все ж залишалися з нами, і ми цьому безмежно раді! Ми вдячні Вам за активну ділову позицію! Саме Ви не дозволяєте економіці країни завмирати і зупинятися! Завдяки Вам у нашої економіки є шанс на подальший розвиток. У складний період Ви продовжуєте вражати аудиторію новими розробками, передовими технологіями і сучасним обладнанням.

Планомірно вибудовуючи довготривалу співпрацю з лідерами кожної індустрії, ми разом з Вами формуємо стабільний ринковий попит на основі самої актуальної та достовірної інформації, яку будь-який клієнт-споживач може отримати на профільних виставках.

Колектив МВЦ Вам подяку за інтерес до виставкових заходів та плідну співпрацю. Ми впевнені, що далі нас чекає ще більше успіхів і професійних підйомів! Як завжди, сподіваємося на продуктивну і взаємовигідну співпрацю!

Чекаємо на вас у МВЦ у 2022 році!

●#2059

Вплив магнітного поля і перспективи його використання в зварюванні

Нами було досліджено модель магніту довжиною 56 мм, ширини 9 і товщини 8 мм. Магніт компанії Реінфорд (взято з моделі телевізора) має прямокутну форму, стовпчик. Магнітне поле, яке притягує, зосереджено в тонкому шарі поверхні на сторонах магніта 8 на 9 мм, з одного боку стовпчика північний полюс, з іншого боку стовпчика південний полюс. В інших місцях стовпчика, по сторонам довжиною 56 мм магнітне поле відсутнє.

При взаємодії легких предметів з магнітним полем, вони притягуються приблизно з відстані 20–30 мм, саме до плям магнітного поля. Виявлено, що товщина притягуючого шару в плямах складає від 0,1 до 1 мм. Що свідчить про існування саме впливу поля позитивно та негативно заряджених частинок.

Під час експериментів та подальшого аналізу було припущено, що окрім електронів та протонів в атомах існують позитивні та негативні магнітні заряджені частинки. Відповідно, окрім електричних хімічних зв'язків між атомами, існують магнітні хімічні зв'язки між атомами. Тобто бувають позитивні та негативні електричні іони, і позитивні та негативні магнітні іони, а також хімічні зв'язки змішаного іонного типу – електромагнітні іонні зв'язки.

Наприклад, сталі, при нагріві до 200 °С починають втрачати свою міцність, тому що починають руйнуватися магнітні іонні зв'язки між атомами; при досягненні 600 °С, сталі стають пластичними, тому що велика кількість магнітних хімічних зв'язків між атомами зруйнувалася; маються на увазі звичайні сталі для будівельних металоконструкцій. Це відбувається тому, що різні ізотопи заліза, мають різні магнітні властивості – одні ізотопи розривають магнітні зв'язки при менших температурах, інші – при вищих.

Під час досліджень ізоотопів, на прикладі важкої води Гарольд Юрі, було виявлено, що різні ізотопи водню, мають різну силу хімічного з'єднання із іонами кисню. Магнітні позитивні та негативні заряджені частинки повинні впливати на силу хімічних зв'язків окремих ізоотопів водню з киснем; тобто різні ізотопи водню мають різні хімічні властивості, завдяки наявності додаткових, а саме магнітних хімічних іонних зв'язків в атомах важкої води, в'язкість важкої води на 20 % вища, ніж звичайної води.

Ми робимо висновок, що схожа ситуація зі всіма хімічними елементами таблиці Менделєєва – тобто,

різні ізотопи, одного і того самого хімічного елемента, мають не просто різну масу, вони мають різну кількість магнітних заряджених частинок, відповідно магнітні хімічні зв'язки у кожного ізотопу є різними. Відповідно, сучасні хімічні елементи, є значно складнішими, бо ізотопи відрізняються не лише масою, а і валентністю магнітних зв'язків. Це пояснює, яким чином між собою з'єднуються атоми в металах та інших чистих матеріалах, приміром чистий алюміній, атоми різних ізоотопів алюмінію, мають різні магнітні властивості – що викликає утворення магнітних іонних зв'язків між атомами алюмінію. Тобто чисті метали – складаються насправді з різних хімічних ізоотопів, у кожного ізотопу власні магнітні властивості, різні ізотопи мають трохи різні температури плавлення. Якщо ми розплавимо приміром кухонну сіль, і швидко охолодимо, утвориться велика кількість дрібних кристалів; якщо ж повільно охолоджувати розплав кухонної солі, то розміри кристалів почнуть збільшуватися. Аналогічно, коли ми повільно охолоджуємо розплавлений метал – створюються великі зерна кристалізації, а коли ми швидко охолоджуємо розплавлений метал – дрібні зерна кристалізації.

Між атомами існують іонні магнітні зв'язки, що впливають на температуру плавлення різних ізоотопів металу. Це дозволяє добувати нові матеріали для роботи електрогазозварників. Розплавляємо метал, до температури в 2–3 рази вищої за температуру плавлення – точніше температури переходу в рідко-текучий стан, і дуже повільно охолоджуємо метал; при цьому почнуть кристалізуватися самі тугоплавкі іонні форми, спочатку, якщо кристалізація буде повільною, ростимуть великі кристали ізоотопів. Відбираючи кристали ізоотопів і далі повільно охолоджуючи, ми розділяємо метал на ізотопи. Далі, сплавивши різні ізотопи, в певних пропорціях, ми отримаємо новий сплав, з новими конструкційними властивостями.

Відповідно, для роботи електрогазозварника це має велике значення тому що сплави з різним складом ізоотопів, мають різну в'язкість та міцність з'єднання між ізотопами – це впливає на зварюваність, та режими зварювання металів. Наприклад, одні ізотопи роблять метал твердішим, якщо їх багато, а інші ізотопи роблять метал м'якшим – це сильно впливає на режим зварювання.

Приклади практичного застосування впливу магнітного поля при зварюванні для виконання конкретних зварювальних робіт і напрацьовані навички його використання в роботі електрогазозварника будуть представлені в наступному матеріалі...

*О.О. Дідоренко, В.Е. Хільков,
ДПТНЗ «Сумський центр ПТО»*

● #2060



Ноу-хау і комерційна таємниця з точки зору інтелектуальної власності: що спільного, у чому різниця, як ефективно скористатись

І.В. Бернадська, к.т.н., ст. наук. співр., патентний повірений України, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ (Київ)

У наукових колах та серед інженерно-технічної спільноти вкоренилось стійке уявлення про ноу-хау як чарівний золотий ключик, який дозволить без жодних проблем «стригти купони» з результатів своїх досліджень і розробок. Одна біда: насправді це ще нікому не вдавалось. Чи можливо це в принципі, і як ефективно реалізувати цінний практичний досвід? Це питання потребує всебічного і ретельного аналізу.

У господарствах, які укладають науково-дослідні установи і організації, термін «ноу-хау» зустрічається досить часто, причому в кожному конкретному випадку сторони можуть тлумачити зміст ноу-хау в залежності від своїх власних уявлень, здогадок та уподобань – і як правило, кожна по-своєму. Нерідко під ноу-хау розуміють сукупність звичайних професійних знань, досвіду і трудових навичок, або ж створені та описані розробником методи досліджень або технології виробництва. Ще цікавіша ситуація з зарубіжними контрактами, в яких зазвичай можна зустріти вираз «trade secret», який перекладають як «комерційна таємниця», «секрет фірми», «секрети виробництва» і звісно ж, «ноу-хау». Ще у господарстві і контракти завжди включають положення про збереження конфіденційності інформації, проте знов-таки, кожна сторона по-своєму розуміє і тлумачить ці загальні терміни, якщо тільки одна з них не виписує чітко усі вимоги, умови і процедури, що стосуються режиму конфіденційності. Як же розібратись у цьому розмаїтті термінів, які інтуїтивно видаються нам близькими за змістом, але чому називаються по-різному? Що у них спільного, в чому відмінності? Усі ці терміни можна об'єднати єдиним поняттям: **інформація з обмеженим доступом**, проте її специфіка і статус в контексті інтелектуальної власності можуть бути різними в залежності від конкретних умов.

Перш за все, звернімося до норм чинного законодавства. На цьому рівні поняття ноу-хау визначено в Законі України «Про інвестиційну діяльність» як особливий вид інтелектуальної цінності, та в Законі України «Про державне регулювання діяльності у сфері трансферу технологій» – як інформація певного виду і характеру. Більш конкретно ноу-хау визначається як «інформація щодо про-

мислового, комерційного або наукового досвіду» у Податковому кодексі України. **Головне у цій специфічній інформації – її комерційна цінність, обумовлена секретним характером.** Фактично, ноу-хау являє собою результат творчої інтелектуальної діяльності, здатний забезпечити конкурентну перевагу, а саме сукупність технічних, комерційних, організаційних знань, навичок і досвіду, іншої специфічної інформації, необхідних для виробництва нової конкурентоздатної продукції.

За своєю сутністю ноу-хау ближче усього до старої доброї раціоналізаторської пропозиції, яка, згідно Ст. 481 Цивільного кодексу України (ЦКУ), ніщо інше, як «визнана юридичною особою пропозиція, яка містить технологічне (технічне) або організаційне рішення у будь-якій сфері її діяльності [...]», об'єктом якої може бути матеріальний предмет або технологічний процес. Характерними особливостями рацпропозиції є локальний характер, прив'язка до конкретного підприємства, а також корисність, здатність приносити економічну вигоду для виробництва певного виду продукції. Локальність рацпропозиції забезпечує їй «закритий» статус, тобто відсутність широкого неконтрольованого доступу до неї. Проте раціоналізаторство не поширюється на організаційні та управлінські процеси. Ноу-хау в цьому плані більш широке поняття, яке охоплює будь-який промисловий, комерційний або науковий досвід, і сприяє отриманню конкурентних переваг, але лише допоки ноу-хау залишається інформацією з суворо обмеженим доступом.

На відміну від рацпропозиції, чинне законодавство України взагалі не розглядає ноу-хау в якості об'єкту права інтелектуальної власності. Замість цього у Цивільному кодексі України, Глава 46, визначено правовідносини стосовно такого об'єкту ІВ, як комерційна таємниця. Згідно Ст. 505.1 ЦКУ, «комерційною таємницею є інформація, яка є секретною в тому розумінні, що вона в цілому чи в певній формі та сукупності її складових є невідомою та не є легкодоступною для осіб, які звичайно мають справу з видом інформації, до якого вона належить, у зв'язку з цим має комерційну цінність та була предметом адекватних існуючим обставинам заходів щодо збереження її секретності, вжитих

особою, яка законно контролює цю інформацію». Це визначення повністю покриває собою поняття ноу-хау, але є більш широким і багатогранним.

В широкому розумінні, комерційна таємниця – це право суб'єкту господарської діяльності на збереження в режимі секретності своїх виробничих, торговельних, фінансових операцій, а також відповідної документації. У більш вузькому розумінні, це інформація, яка дозволяє її володільцю за існуючих або можливих обставин здобувати комерційну вигоду, тобто збільшити доходи, уникнути невиправданих витрат, зберегти або покращити своє положення на ринку товарів і послуг, отримати більшу долю ринку тощо. Комерційною може бути інформація науково-технічного, технологічного, виробничого, організаційного, фінансово-економічного характеру тощо, якщо вона має дійсну або потенційну комерційну цінність завдяки тому, що являється відомою обмеженому колу осіб. Доступ до такої інформації закритий для третіх осіб. Під комерційною таємницею також розуміють режим конфіденційності інформації, тобто запровадження і виконання особливих заходів по охороні цієї інформації, щоб завадити її розголошенню або витоку.

Із визначення комерційної таємниці випливає, що інформація, яка становить комерційну таємницю не є такою лише за своєю природою. Вона потребує того, аби її такою **правомірно визнали через встановлення предмету комерційної таємниці, а також здійснили заходи щодо захисту цієї інформації від широкого кола осіб.**

У відповідності до Ст. 506 ЦКУ, майнові права інтелектуальної власності на комерційну таємницю належать **особі, яка правомірно визнала інформацію комерційною таємницею**, якщо інше не встановлено договором. Серед майнових прав цієї особи є, зокрема, **виключне право перешкоджати неправомірному розголошенню, збиранню або використанню комерційної таємниці.**

Згідно Ст. 505.2 ЦКУ, комерційною таємницею можуть бути відомості технічного, організаційного, комерційного, виробничого та іншого характеру, за винятком тих, які відповідно до закону не можуть бути віднесені до комерційної таємниці. Перелік інформації, яка не може складати комерційну таємницю, встановлюється чинним законодавством. Наразі прямі винятки встановлені Постановою КМУ від 9 серпня 1993 р. № 611 «Про перелік відомостей, що не становлять комерційної таємниці», яка спрямована на встановлення прямого зобов'язання підприємств подавати перелічені у ній відомості органам державної виконавчої влади, контролюючим і правоохоронним органам, іншим юридичним особам, їх вимогою. Зокрема, не становлять комерційну таємницю:

- установчі документи, документи, що дозволяють займатися підприємницькою чи господарською діяльністю та її окремими видами;

- інформація за всіма встановленими формами державної звітності;
- дані, необхідні для перевірки обчислення і сплати податків та інших обов'язкових платежів;
- відомості про чисельність і склад працюючих, їхню заробітну плату в цілому та за професіями й посадами, а також наявність вільних робочих місць;
- документи про сплату податків і обов'язкових платежів;
- документи про платоспроможність;
- відомості про участь посадових осіб підприємства в кооперативах, малих підприємствах, спілках, об'єднаннях та інших організаціях, які займаються підприємницькою діяльністю;
- відомості, що відповідно до чинного законодавства підлягають оголошенню.

Більше того, оскільки комерційна інформація є підвидом інформації з обмеженим доступом, на неї поширюється норма Ст. 21 (4) Закону України «Про інформацію», яка встановлює, що до інформації з обмеженим доступом не можуть бути віднесені такі відомості:

1. про стан довкілля, якість харчових продуктів і предметів побуту;

2. про аварії, катастрофи, небезпечні природні явища та інші надзвичайні ситуації, що сталися або можуть статися і загрожують безпеці людей;

3. про стан здоров'я населення, його життєвий рівень, включаючи харчування, одяг, житло, медичне обслуговування і соціальне забезпечення, а також про соціально-демографічні показники, стан правопорядку, освіти і культури населення;

4. про факти порушення прав і свобод людини, зокрема, інформацію, що міститься в архівних документах колишніх радянських органів державної безпеки, пов'язаних з політичними репресіями, Голодомором 1932-1933 років в Україні та іншими злочинами, вчиненими представниками комуністичного та/або націонал-соціалістичного (нацистського) тоталітарних режимів;

5. про незаконні дії органів державної влади, органів місцевого самоврядування, їх посадових та службових осіб;

6. щодо діяльності державних та комунальних унітарних підприємств, господарських товариств, у статутному капіталі яких більше 50 відсотків акцій (часток) належать державі або територіальній громаді, а також господарських товариств, 50 і більше відсотків акцій (часток) яких належать господарському товариству, частка держави або територіальній громаді в якому становить 100 відсотків, що підлягають обов'язковому оприлюдненню відповідно до закону;

7. інші відомості, доступ до яких не може бути обмежено відповідно до законів та міжнародних договорів України, згода на обов'язковість яких надає Верховною Радою України.

Як об'єкт права інтелектуальної власності, комерційна таємниця в силу своєї специфіки не підлягає обов'язковій державній реєстрації, а також не проходить якоїсь експертної оцінки. Але для її правової охорони вимагається запровадження певних процедур і заходів, спрямованих на збереження її секретності. За своєю суттю комерційна таємниця є нематеріальним активом, придатним для експлуатації, у т. ч. для купівлі-продажу, і нерідко виступає як складова частина трансферу технологій. Передання комерційної таємниці іншій особі може здійснюватися як в матеріальній (технічна документація), так і у нематеріальній формі (у вигляді управлінських послуг, навчання або перепідготовки персоналу, інженерно-технічного супроводу впровадження нової продукції або технології тощо). Поширеним способом застереження інтересів патентовласника є комплексний захист за допомогою патенту і комерційної таємниці (ноу-хау) одночасно – в такому випадку комерційна таємниця виступає як своєрідна страховка від несанкціонованого використання патенту.

Розголошення комерційної таємниці, у т. ч. через необережність, або її незаконне використання тягне за собою відповідальність: дисциплінарну, адміністративну, цивільно-правову, карну і матеріальну.

Законодавство про захист комерційної таємниці встановлює відповідальність різних суб'єктів, наприклад, працівників, інших підприємців, сторонніх осіб тощо. Зокрема, порушенням, за Ст. 36 Господарського кодексу України (ГКУ), є неправомірне збирання, схиляння до розголошення, розголошення та використання відомостей, що є комерційною таємницею:

- **Неправомірним збиранням відомостей, що становлять комерційну таємницю**, вважається добування протиправним способом зазначених відомостей, якщо це завдало чи могло завдати шкоди суб'єкту господарювання (Ст. 36.2 ГКУ).
- **Розголошенням комерційної таємниці** є ознайомлення іншої особи без згоди особи, уповноваженої на те, з відомостями, що відповідно до закону становлять комерційну таємницю, особою, якій ці відомості були довірені у встановленому порядку або стали відомі у зв'язку з виконанням службових обов'язків, якщо це завдало чи могло завдати шкоди суб'єкту господарювання (Ст. 36.3 ГКУ).
- **Схилянням до розголошення комерційної таємниці** є спонукання особи, якій були довірені у встановленому порядку або стали відомі у зв'язку з виконанням службових обов'язків відомості, що відповідно до закону становлять комерційну таємницю, до розкриття цих відомостей, якщо це завдало чи могло завдати шкоди суб'єкту господарювання (Ст. 36.4 ГКУ).
- **Неправомірним використанням комерційної таємниці** є впровадження у виробництво або

врахування під час планування чи здійснення підприємницької діяльності без дозволу уповноваженої на те особи неправомірною здобутих відомостей, що становлять відповідно до закону комерційну таємницю (Ст. 36.5 ГКУ).

Деякі з цих норм продубльовані також і у Ст. Ст. 16 і 18 Закону України «Про захист від недобросовісної конкуренції». Перш за все, потрібно звернути увагу на те, що за законом карається не лише збирання інформації, але і «вimanювання» таких відомостей від, наприклад, працівників підприємства або установи. Безперечно, вони передбачають встановлення можливого чи фактичного завдання шкоди від збирання чи схиляння до розголошення, але сам факт віднесення інформації до комерційної таємниці (якщо воно правомірне) вже свідчить про те, що її розголошення може завдати шкоди суб'єкту господарювання. Розголошення комерційної таємниці теоретично може і не спричинити шкоди, проте, у разі заподіяння збитків розголошенням інформації, що становить комерційну таємницю, особа, якій завдано шкоди, може звернутися до суду за її відшкодуванням в межах цивільного провадження (Ст. 22 ЦКУ). Також чинне законодавство передбачає накладення штрафів за порушення законодавства про комерційну таємницю в адміністративному та кримінальному провадженні.

У відповідності до Ст. 51.2 Кодексу України про адміністративні правопорушення, умисне порушення прав на об'єкт права інтелектуальної власності, що охороняється законом, тягне за собою накладення штрафу від 170 до 3400 грн з конфіскацією незаконно виготовленої продукції та обладнання і матеріалів, які призначені для її виготовлення.

За порушення законодавства про комерційну таємницю може наступати і кримінальна відповідальність. Згідно Ст. 231 Кримінального кодексу України, «умисні дії, спрямовані на отримання відомостей, що становлять комерційну або банківську таємницю, з метою розголошення чи іншого використання цих відомостей, а також незаконне використання таких відомостей, якщо це спричинило істотну шкоду суб'єкту господарської діяльності» караються штрафом від 51 000 до 136 000 грн. Проте тут важливим є результат порушення: такі дії мають спричинити істотну шкоду особі, комерційну таємницю якої було отримано чи розголошено. Законодавство не містить пояснень щодо того, яку шкоду можна вважати істотною, тому вона оцінюється окремо у кожному випадку.

За загальним правилом, необхідно отримати згоду правоволодільця на збирання та поширення інформації, що становить комерційну таємницю, проте інколи вона може бути поширена і без згоди уповноваженої особи. Так, Ст. 29 Закону України «Про інформацію» встановлює, що інформація з обмеженим доступом може бути поширена,

якщо вона є суспільно необхідною, тобто є предметом суспільного інтересу, і право громадськості знати цю інформацію переважає потенційну шкоду від її поширення. Предметом суспільного інтересу вважається інформація, яка свідчить про загрозу державному суверенітету, територіальній цілісності України; забезпечує реалізацію конституційних прав, свобод і обов'язків; свідчить про можливість порушення прав людини, введення громадськості в оману, шкідливі екологічні та інші негативні наслідки діяльності (бездіяльності) фізичних або юридичних осіб тощо. Питання про те, чи є поширена інформація суспільно необхідною, встановлює суд. Уявити, що суспільно важливою може бути інформація, що відноситься до сфери приватного права, у т. ч. до інтелектуальної власності, досить складно, проте виключати цього не можна.

Таким чином, для ефективного використання цінного практичного досвіду, який може потенційно стати джерелом економічних вигод для підприємства або установи, необхідно своєчасно зафіксувати сутність цього досвіду – визначити предмет комерційної таємниці – та вжити належних заходів для збереження її конфіденційності. Зрозуміло, що відповідні рішення мають бути оформлені документально: наказами, протоколами тощо, у т. ч. з грифами «для службового користування» або «секретно». Зокрема, визначають перелік посадових осіб, які матимуть доступ до такого роду інформації, і беруть з них письмове зобов'язання про нерозголошення. Часто такого роду зобов'язання поширюється не лише на весь період роботи працівника на підприємстві або в установі, але й на три-п'ять або більше років після його звільнення або завершення трудової угоди чи контракту. Іноді в умовах контракту спеціаліста прописують заборону на перехід на роботу до конкуруючих компаній упродовж кількох років після звільнення. Необхідно ясно усвідомлювати, що розголосити секретну інформацію (за гроші або безоплатно, зумисне чи випадково) можна тільки один раз, після чого уникнути її несанкціонованого поширення практично неможливо, це лише питання часу. Разом з тим, немає потреби «секретити» все підряд, щоб про всяк випадок убезпечитись від підступних конкурентів. Головним аргументом для віднесення інформації до комерційної таємниці має бути її здатність приносити економічні вигоди, підкріплена відповідними розрахунками і планами реалізації. Важливо ретельно відслідковувати можливі витoki інформації та порушення майнових прав на комерційну таємницю, і бути готовими переслідувати порушників, у т. ч. в судовому порядку, добиватися адекватного їх покарання і відшкодування збитків, спричинених розголошенням комерційної таємниці.

Останнім часом з'явилась тенденція до відомчого регулювання питань ноу-хау і комерційної та-

ємниці «за аналогією» з законодавчими нормами інших країн. Тобто видаються галузеві нормативні документи (накази, розпорядження, інструкції), що визначають статус і порядок поводження, при чому, з ноу-хау, але при цьому або занадто широко трактують норми чинного законодавства України, або взагалі «позичають» для внутрішнього галузевого використання ті положення, які у нашому законодавстві відсутні. Очевидно, що подібні документи є юридично нікчемними і не несуть якихось правових наслідків. Але такі запозичення можуть зробити ведмежу послугу підприємству чи установі при укладанні контрактів чи підписанні особистих зобов'язань працівників, тож слід дуже уважно ставитися до підготовки документів стосовно інформації з обмеженим доступом і звіряти їх з чинною нормативною базою.

У зарубіжному законодавстві та міжнародній практиці найближчим відповідником поняття комерційної таємниці є «секрети виробництва». Загалом, ці два терміни використовуються достатньо широко, а вибір якогось одного в певній країні або галузі міжнародної торгівлі чи науково-технічного співробітництва визначається відповідними законодавчими та договірними нормами і традиціями правозастосування.

Поняття комерційної таємниці та фірмових секретів виробництва, як її аналогу, широко використовуються у сфері інтелектуальної власності, а в діловому середовищі їх зазвичай замінює неформальний (і по суті більш вузький) термін «ноу-хау». Безперечно, його можна використовувати у переговорах, в ході наукових досліджень, при виконанні технологічних робіт тощо – за умови, що усі учасники цих переговорів або робіт однаково розуміють ноу-хау як певну інформацію зі спеціальним режимом збереження і обмеженим доступом. Але при укладанні будь-яких договорів і контрактів все ж слід використовувати поняття комерційної таємниці.

*Якщо у вас виникли запитання по темі статті або взагалі стосовно сфери інтелектуальної власності, звертайтеся за консультаціями до автора:
тел.: (097) 880 36 33, (066) 356 98 95,
або e-mail: irynabernadska@ukr.net
(кодове слово Стаття у Журналі)*

●#2061

Стратегія Б.Є. Патона в інформаційній боротьбі за пріоритет

О.М. Корнієнко, д.і.н., к.т.н., ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ (Київ)

За два тижні я виконав перше протокольне доручення директора – представив аналіз основних публікацій. Інформація була приведена в таблиці, в якій в хронологічному порядку зазначалося, як різні автори описували життя і діяльність винахідника. Відразу ж стали видні протиріччя і прогалини. І найважливіше – де ж був винахідник в кінці 1870-х років? Саме в ці роки він «повинен був» створити дугове зварювання.

Ряд цілком авторитетних істориків писали, що М.М. Бенардос «змушений був після розорення виїхати зі своєю родиною в місто Лух Костромської губернії»; інші що – «М.М. Бенардос почав свою самостійне життя в селищі Лух, там обзавівся сім'єю і виїхав звідти в молодому віці в 25 років». Деякі пізніші біографічні дані про Бенардоса підтверджені документально, спростовували висловлювання попередніх біографів. Численні вітчизняні та зарубіжні прижиттєві публікації відомостей про біографію не містили. Вони стосувалися тільки винаходів Бенардоса. І як це зазвичай буває, сучасники – колеги мало цікавилися подробицями особистого життя оточуючих, у всякому разі, записів не залишили.

Довгий час суперечливими залишалися і відомості про місце і дату народження винахідника. За твердженням К.К. Хренова, М.А. Шателен, винахідник зварювання останні роки жив у Петербурзі, де і помер. У 1950 р. історик електротехніки Б.М. Ржонсницький знайшов документи про те, що М.М. Бенардос в 1900 р. відправив заявку на патент на конструкцію сталевий борони саме з Києва. Тоді Борис Миколайович приїхав у наше місто і знайшов в обласному церковному архіві запис про смерть Бенардоса в м. Фастові (Київської губернії) в 1905 р.

Ближче всіх до відповіді на питання про технічні можливості Бенардоса підійшов В.Є. Бочков, який звернув увагу на те, що в м. Кінешмі неподалік від Луха в 1870-х рр. був створений один з перших російських електротехнічних заводів, де робили дугові світильники. З 1878 р. власником заводу став приятель Бенардоса електротехнік А.І. Бюксенмейстер. Захоплення Бенардоса електрикою підтверджується знайденими в архівах документами про його роботи з П.М. Яблочковим в період не пізніше 1880 р. Саме тоді в товаристві «Яблочков-винахідник і К°» в Петербурзі працювали майже всі відомі російські електротехніки.

Все це були вторинні документи, хоча деякі з них і містили цитати. Необхідно було зібрати і вивчити оригінали. Для того, щоб вирішити проблему автор-

ства з урахуванням патентного права, економічної зацікавленості, технічних можливостей і інших чинників, необхідно було відповісти на питання: де знаходився Бенардос під час створення дугового зварювання, чим займався, якими матеріальними засобами у своєму розпорядженні, чи була у нього особиста потреба в новий спосіб з'єднання; чи був він готовий до висунення нових ідей і мав можливість реалізувати їх? На жаль саме період життя і діяльності винахідника зварювання в 1870–1880 рр. ні документований і опису цього періоду різними дослідниками багато в чому розходилися. Що стосується міста Лух, то біографи і не припускали можливість створення електрозварювання. Всі вважали, що життя його в Костромській губернії не мала відношення до зварювання.

Борис Євгенович взяв таблицю додому, і на наступний ранок викликав на нараду, точніше, співбесіду. Розмову почав здалеку і, як мені спочатку здалося зовсім не про наших проблемах, і що він марно витрачає час. Директор поцікавився подробицями роботою на заводах, і як я зв'язався з американцями. Він уважно слухав, як головний зварник, і одного разу на нараді сам Головний конструктор, говорили про те, що в НАСА застосовують плазмове зварювання на постійному струмі. Навіть є агентурні дані, можуть познайомити. Я не втомлювався пояснювати, що моя дисертація – це плазмо-дугове зварювання алюмінієвих сплавів на змінному струмі. Але треба зварювати на змінному струмі не тільки заради цього. Головне те, що оксидна плівка алюмінію не плавиться в звичайній зварювальній ванні і може непомітно залишитися в шві. А це дефект, катастрофа. Плівку можна зруйнувати тільки механічно або катодним розпиленням. При плазмовому зварюванні на змінному струмі є обидві дії. Загалом, довелося боротися і з американським колегою, і з нашими ракетобудівниками. Проблема вирішилась несподівано завдяки катастрофі місцевого значення. В надійності наших технологій переконалися в Дніпропетровську. Так коротко я поспішив закінчити розповідь.

– Адже ми спеціально створили потужний відділ контролю – сказав Борис Євгенович – Печаль створив унікальне обладнання і методики. Пам'ятаю, Валентин Олександрович демонстрував рентгенівські знімки внутрішньої структури основного металу і зварних з'єднань на напівпровідникових шарах, він з хлопцями розробили портативну ксерокс-радіографічну апаратуру для контролю якості зварних з'єднань.

– Товщина плівки кілька молекул, рентген не виявляє, так і гелієвий течеискатель надійний тільки для наскрізних дефектів. А Янгель для ампулізації ракет вимагав супер надійні шви. Паливні баки повинні були триматися без дозаправки 5 років. А треба зазначити, що гептил може просочуватися через дрібні пори. А тут ще й підсунули якийсь новий алюмінієвий сплав. Повозилися ми з місцевими зварниками пристойно. Зразки показували хорошу якість. Але Янгель вимагав повної гарантії якості самих баків. Військове контролери, боячись відповідальності, ускладнювали методи контролю, не наважувалася підписувати документи. А договір вже потрібно було закривати. І одного разу, коли ми тільки заходили, до нас підбіг переляканий начальник цеху: «Терміново до Головного. На нараду. ЧП». «А ви припиніть!» – крикнув він двом своїм зварникам, які підготувалися вварювати кільце люка. У кабінеті Янгеля було чоловік десять. Стурбовані, похмурі обличчя. Але не у всіх. Директор заводу Олександр Максимович Макаров і головний зварник Віктор Володимирович Бородин здавалися задоволеними. Янгель курил, в попільничці було вже кілька недопалків. Ми не встигли прикрити двері, як він сказав: «Ось вони, головні винуватці. Сідайте. Думаю можна акти підписувати».

Борис Євгенович нетерпляче перебив: «А що сталося? Коли? Мені нічого не повідомляли. За що він зібрався вас посадити? Втім, якщо при Янгеля, то десь в 1960-х рр. Михайло Кузьмич помер в 1971 р., в той момент, коли відзначали його шістдесятиріччя. Серце».

– А сталося те, що після пропарювання готового бака, закрили люки, а бак не встиг охолонути. А вранці виявили, що бак начисто був зім'ятий. Товщина стінок 12 мм. Уявляєте який тиск витримали шви, і жодної тріщини? Шви не пропустили повітря. Якби був що маленький дефект, зайшло б повітря і бак залишився цілим. Такий перевірки якості виявилось більш ніж достатньо.

– А мені Черток розповідав ... – почав Борис Євгенович, але раптом зупинився і несподівано запитав: – Ви, знаєте хто це?

Потім я помітив, що у директора є звичка ставити запитання «на засипку». Іноді на нарадах він говорив, наприклад: «А ось Борода вирішив цю проблему ...». І запитально обводив поглядом присутніх. А так як я був наймолодшим за рангом і сидів скраю довгого столу, погляд сягав мене останнім, іноді доводилося відповідати за всіх. Почувши відповідь: «Борода – це Ігор Васильович Курчатов», Борис Євгенович продовжував розвивати думку (рис. 1).

На цей раз я відповів: «Заступник Королева. Не знаю, чим він займається. Один раз бачив на «Прогресі», підходив, дивився на нашу роботу, задав кілька запитань».

Задоволений моєю відповіддю, Борис Євгенович продовжував.

– Так ось, Борис Овсійович розповідав, як прямо під час запуску ракети ліквідували аварію. Це був де-

фект в якомусь роз'ємному ущільненні. За 15 хвилин до старту, коли всі були вже в бункері, раптом командувач запуском побачив, що з бака виривається струмінь рідкого кисню. Він скомандував «Стоп», разом із заступником підбіг до ракети, зняв берет, помочився, за ним – заступник, і придавив кисневу струмінь. Мокрий беретик примерз і теча припинилася. Повернулися, продовжили роботу. Пуск затримався всього на сім хвилин. А історичний головний убір знайшли в степу, випрали і зберегли. Втім, щось ми захопилися минулим і відволіклися від справжніх проблем. Я так розумію – Ви закрили черговий договір. Скільки людей в лабораторії, як освоїли роботу, розбираються в ноу-хау? – раптом зацікавився Борис Євгенович.

Я подумав, що він хоче преміювати за успішне освоєння техніки і радісно повідомив: «Звичайно, ми місяцями корегували техніку, здавали військовим, навчали заводських колег. Все відшліфували і передали. Зовсім недавно наші троє хлопців заварили кільця люків в Куйбишеві. Інші троє в Оренбурзі працювали самостійно разом з відділом Стебловського».

Але виявилось, що ця відповідь сподобалася Борису Євгеновичу зовсім з іншої причини. Він задумав перевести мене, точніше – перекинути на історичні дослідження. І використовував педагогічний прийом, який застосовував Євген Оскарович. У «Воспоминаниях» Є.О. Патон писав: «Внутрішня переконаність і віра завжди означають більше, ніж формальна розписка в тому, що з наказом начальства ознайомився». Та й Малишевський в «Рассказах про Патона» описав епізод, як під час війни Батя (так позаочі прозвали Євгена Оскаровича) запросив Бориса Ізраїловича Медовара обговорити ситуацію і начебто радячись, переконав його відправитися в позачергове складне відрядження. Зараз же Борис Євгенович нагадав, що призвідник ворожої пропаганди (по теперішньому – інформаційної війни) заважав особисто мені впроваджувати плазмове зварювання, псував нерви: «Тепер Ви маєте шанс відігратися. Займіться впритул історією зварювання».

– А плазмове зварювання? Можливості ще не висчерпані.



Рис. 1. Нарада у Б.Є. Патона, 1980 р. Крайній праворуч – О.М. Корнієнко

– На думку Бориса Стебловського, Ваша група відмінно опанувала технікою і може впоратися з впровадженням. Якщо раптом виникнуть проблеми – підключитися. Відрядження до Оренбурга скасовуємо. Що стосується плазмового зварювання, ми обговорювали це питання з Дудко. Він приймає аспіранта з Грузії. Є складне замовлення оборонки, яке можна виконати тільки плазмовою дугою. Ви будете консультувати. І мушу сказати по секрету, що ракетників давно цікавить електронно-променеве зварювання. І в Москві, і у нас працюють над локальним вакуумуванням накидними камерами і гарматами. Анатолій Андрійович Бондарев вже розробив техніку зварювання високоміцних алюмінієвих сплавів... А Ви розкрутіть проблему пріоритету і тоді продовжите свої плазмові проблеми.

На черговій нараді, після мого звіту про початок пошуку даних в архівах, Борис Євгенович сказав, що про плани по Бенардосу потрібно розповісти на Національному комітеті СРСР Міжнародного інституту зварювання (МІЗ). Щоб не сказали, що ми все беремо собі. Нехай підключаються. Адже Бенардос жив і працював в Москві, Петербурзі. Вашу доповідь включу до порядку денного найближчого засідання.

– Потрібно прийняти рішення про внесення дати в «Календар ювілейних пам'ятних дат ЮНЕСКО», провести конгрес МІЗ. Так ви ще пропонуєте поштові марки. Все це в Союзному веденні, залежить від Москви, потрібно доручати москвичам. Знову ж таки, можуть захотіти поставити пам'ятні дошки на місцях, де Бенардос працював.

Слід відмітити, що на той час в СРСР науковими проблемами зварювання і розвитком зварювального виробництва займалися більш ніж 200 докторів наук і професорів у галузевих НДІ і 32 на кафедрах вищих. А ІЄЗ ім. Є.О. Патона був найпотужнішою у світі спеціалізованою науково-дослідною і проектною установою у галузі зварювання, спеціальної електрометалургії та суміжних технологій. Тому СРСР не купляв жодної ліцензії, не мав потреб у закордонних інвестиціях і обладнанні. Навпаки... Київ називали «Меккою зварювальної справи», бо сюди їхали за новими технологіями і обладнанням покупці з провідних фірм і компаній розвинутих капіталістичних країн. Тут на курсах ЮНІДО наші фахівці навчали інженерів країн, що розвиваються.

Члени національного комітету розуміли, що визнання першим винахідником співвітчизника сприяє не тільки іміджу країни, але і в деякому сенсі підіймає в очах закордонних колег їхній особистий статут. Як голова комітету Борис Євгенович поважав думку членів комітету, надавав великого значення їх рішенням. І не дуже вірячи в те, що я зможу достатньо розумно розповісти про наші плани, вирішив познайомити з обстановкою, просто кажучи – поднатаскати.

- Напишіть невеличку доповідь, я подивлюся.
- Але я не вмію виступати з папірця. Якщо за-

глядаю в написане, то збиваюся.

– Гаразд, обійдемося без писанини. Я і сам не люблю читати, але організатори часто вимагають дотримуватися правил, доповідати затверджений текст. Обійдемося без репетиції. Матеріал Ви знаєте. Потрібно доповісти коротко, без подробиць. Так само відповідати на питання. Всі займаються технічними науками, мають справу з реальними речами, точними поняттями, більшість відомі вчені, засновники окремих розділів зварювання.

Я постарався заспокоїти директора: «Так Ви не хвилюйтеся. Я їх знаю за підручниками, зустрічався на конференціях. Ректор МВТУ ім. Н.Е. Баумана Георгій Олександрович Ніколаєв – це зварні конструкції, Микола Миколайович Рикалін – теплові основи зварювання, Красовський – зварювальне виробництво, планування цехів».

– І все ж колеги іноді заводять розмову на політичні теми. Нам краще не брати участь. Я завжди намагаюся коректно повернути обговорення на заплановану тему. А сторонні балачки, спогади і оцінки переносимо на обід і вечерю. Тут виявляються не наукові точки зору. Так, Ніколаєв не любить Хрущова. Він був академіком архітектури, а Хрущов її ліквідував, разом зникли звання академіків. А Рикалін, навпаки, любить Хрущова. Той встановив хороші відносини з Югославією, у Рикаліна мати сербка, а його самого обрали сербським академіком. Врахуйте, все люди зайняті. Москвичі, ленінградці приїжджають зазвичай на один день, ввечері у них потяг. Питань буває багато, всі серйозні, на міжнародному рівні. Ви повинні вкластися за 10 хвилин. Доповідати конкретно, тільки основне, якщо буде не зрозуміло – запитують. Перший абзац – суть проблеми, тобто замах на вітчизняний пріоритет. Потім – аналіз відомого. Розкажіть по таблиці. Це наочно. Третій абзац про те, що ми організували, що зробили. Четвертий про плани, заклик до співучасті.

Через два тижні Борис Євгенович представив мене членам Національного комітету: «Наближається сторіччя від дня винаходу першого способу дугового зварювання. Пропоную зайнятися підготовкою до цієї події. Ми зараз вирішуємо проблему з датою винаходу. Пропонуємо розглянути проєкт програми увічнення і пропаганди діяльності видатного винахідника. Про це розповість наш історик Олександр Миколайович Корнієнко».

І поки я прикріплював плакат, почув запитання. Ніколаєв звернувся до Патона: «Чи не зарано цим займатися? У тридцять п'ятому році ми зустрічалися з сином винахідника, Хренов перший написав біографію, а документи ми здали в архів академії. А Корнієнко нібито займається плазмовим зварюванням, недавно доповідав на конференції. А що ж робить наш Чеканов, професіонал?

Думаю, що відповідь Бориса Євгеновича сприйняли як жарт: «Хренов з Чекановим ображатися не будуть. Обставини вимагають не професійного підходу

до історії. Справа в тому, що це завдання поставив не професіонал, а американець, який теж займається плазмовим зварюванням, і теж ракет».

Я, як і порадив Борис Євгенович, коротко пояснив складність проблеми, розповів про плани. Повністю вклався в 9 хвилин. Кілька людей підійшли розглядати таблицю.

Професор Ф.Ф. Бенуа похитав головою: «Це ж детективна робота. А плазмове зварювання?».

З завідувачем кафедри Ленінградського інституту водного транспорту я познайомився в минулому році. Він привозив в ІЕЗ свою аспірантку Ванду Болеславівну Хмелевську і вона в нашій групі вивчала плазмові процеси. Тому я пожартував: «Естафету передаю Вам, Федір Францевич. Доведеться Вам крім кораблів, зайнятися і ракетами».

Однак Бенуа відповів серйозно: «Сторіччя пройде, а ракети і кораблі залишаються. Ми будемо робити історію, а інші нехай описують». Тоді я не міг і припустити, що історія Бенардоса перетвориться в заняття історією техніки і я стану саме тим самим іншим, що має описувати.

Але як і припускав Борис Євгенович, почалися розмови не по суті. Бенуа запитав Ніколаєва, чому вони не зробили пам'ятник і музей Бенардоса ще до війни, коли виявили, що він вітчизняний винахідник. Відповідь, як і говорив Борис Євгенович, була з «політичним ухилом»: «В той час прославляли і увічнювали винахідників тільки з хорошим, робоче-селянським походженням: кріпакам Черепановим, помору Ломоносову. А Бенардос з дворян і до того ж грек. Ми не наважилися пропонувати навіть Слав'янова, хоча у нього прізвище поза підозрою.

Бенуа, здається, був не радий, що дорікнув Ніколаєву: «А до чого тут прізвище і національність. Я француз з роду відомих художників і архітекторів, у т.ч. і російських. До речі при царях в анкетах і інших документах в п'ятій графі писали не національність, а віросповідання. А зараз у мене в паспорті запис «француз». Онука я назвав Денисом, в честь знаменитого Давидова, борця з Наполеоном. А звідки Ви взяли, що він грек і нащадок генералів. Але Слав'янову все ж поставили пам'ятник.

Ніколаєв пояснив: «Тільки після промови Сталіна на Красній площі, коли він закликав шанувати пам'ять великих предків. І в 1949 р. сини Слав'янова зайнялися цим питанням. Та й то, тільки перепоховали і поставили бюст близько технікуму. Що стосується Бенардоса, то про нього сказав Хренов. Кость Костьович навчався і працював в Ленінграді, бував в Ермітажі, у Військовій галереї він бачив портрет (рис. 2), запам'ятав це прізвище. А вже після зустрічі з сином винахідника, він знайшов в якихось енциклопедіях родовід, навіть герб. Предки Бенардоса архонти, тобто правителі Спарти, прибули до Росії при Катерині Другій, або раніше. Правда, син за предків не відповідає. І наш винахідник прославив вже нову вітчизну.



Рис. 2. Військова галерея Ермітажу. Зал Героїв Вітчизняної війни 1812 р. з портретом П.Є. Бенардоса

Борис Євгенович коректно, спокійно повернув цей діалог в потрібний напрямок: «Дозвіл на бюст Бенардосу Хренов отримав ще в 1955 р. До 50-річчя з дня смерті. У Фастові, де він жив останні роки. Тепер потрібно реалізувати це та інші заходи. Добре б отримати в якості основи рішення ЮНЕСКО і Міністерство закордонних справ (МЗС). Давайте обговоримо план пропаганди. Підключайтеся до справи.

Москвичі сказали, що важко буде оформляти документи через МЗС СРСР, що вони не мають досвіду підготовки документів для ЮНЕСКО, і що самому Патону легше домовитися з МЗС УРСР. Для пам'ятних дощок у Москві начебто немає підстав, тут він тільки вчився. У Ленінграді – добре б дізнатися, де був завод Бенардоса, а, взагалі, тут стільки дощок видатним, що наш винахідник загубиться. Добре виглядає єдина пам'ятна дошка на будинку депо в Рославлі, де сам винахідник впровадив зварювання. Звичайно, дошки і навіть пам'ятники найправильніше ставити на батьківщині. Звичайно, музей через сто років створити неможливо, але добре б зробити виставку фотографій і документів.

А конференцію МІЗ звичайно потрібно проводити в Києві, при головному інституті зварювання. Тому і оформляти всі заходи буде краще киянам.

Через два дні Борис Євгенович сказав, що дзвонив в МЗС, щоб я під'їхав і взяв список документів і зразки заявок в ЮНЕСКО. Взагалі, УРСР щорічно подає заявки в календар, але тільки по ювілеїв культурних діячів. Досвіду заявок на винахідників і наукових подій у них немає.

У той час МЗС УРСР розташовувався в невеликому триповерховому особняку на Печерську на вулиці Чекістів. Анатолій Максимович Зленко, співробітник Секретаріату ЮНЕСКО в Парижі, схвалив нашу ідею і пообіцяв пробити ювілейну дату. Ми за кілька днів оформили матеріали і Зленко поїхав до Парижу. А ще через тиждень з МЗС повідомили, що заявка пройшла експертизу і отримала позитивне рішення.

Як показали подальші події, рішення про включення в «Календар пам'ятних дат» були в нагоді для реалізації планів.

●#2062

Зварювання та споріднені технології – бойовому ракетобудуванню.

Частина 6. Бойові ракетні комплекси третього покоління. Нова стратегія стимулює розвиток електроніки *

Л.М. Лобанов, академік НАНУ, д.т.н., **О.М. Корнієнко**, д.і.н., к.т.н., ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ (Київ)

У 1963 р. міністр оборони США Р. Макнамара оголосив про початок робіт за програмою «Вартовий» (Sentinel), яка повинна була забезпечити захист від ракетних ударів значної частини континентальної території США. Передбачалося, що система ПРО буде двохшелонною, що складається з висотних далеких ракет-перехоплювачів і протиракет ближнього перехоплення, і пов'язаних з ними радіолокаційних станцій «PAR» і «MAR», а також обчислювальних систем. До 1960-х рр. створення ракетно-ядерного щита СРСР стало потужним стримуючим фактором в агресивних планах США і їх союзників. Як «протиотруту» від радянських міжконтинентальних балістичних ракет (МБР) американці створюють «протиракетні» «Найк-Зевс» і в 1963 р. здійснюють перехоплення боеголовки ракети «Титан», запущеної з Каліфорнії в район Маршаллових островів. У США розгортають систему протиракетної оборони (ПРО). Можливість перехоплення і знищення МБР відроджувала плани знищення СРСР.

Ці обставини визначили подальший розвиток ракетного озброєння СРСР. Приймається рішення про створення засобів подолання ПРО США.

Головним завданням ставало вже не кількісне нарощування міжконтинентальних балістичних ракет (МБР), а максимальне підвищення їх бойової ефективності та живучості.

Було переглянуто стратегію застосування ракетно-ядерної зброї. Було заплановано запускати ракети до наближення бойових блоків супротивника, здійснювати зустрічний удар у відповідь, або, навіть, превентивний напад. Для цього необхідно було удосконалити МБР – перш за все забезпечити безпомилкове функціонування систем автоматичного керування на всіх етапах бойового застосування і захистити пускові установки і командні пункти від наслідків ядерного удару.

Відповідно до завдань 2 вересня 1969 р. вийшла постанова уряду СРСР про розроблення та виготовлення ракетного комплексу Р-36М (15А14). Ракетний комплекс Р-36 завершував серію ракет другого покоління [1]. Судячи по цифрі «3» його від-

несли вже до третього покоління. Але на відміну від попереднього надали індекс «М» – модернізований.

До того ж, Військово-промисловий комплекс (ВПК) поставив додаткове завдання – модернізувати і МБР легкого класу УР-100 (8К84), створену в ОКБ-52 (Головний конструктор В.М. Челомей). Одночасно модернізацію виконував і сам розробник ракети.

Для створення засобів подолання американської ПРО (СП ПРО) до ракети нового покоління Р-36 ставляться наступні вимоги: оснащення головної частини ракети новими роздільними бойовими блоками з індивідуальним наведенням на цілі, з покращеними масовими та балістичними характеристиками, стійкими до вражаючих факторів ядерного впливу; застосування нових, ефективніших засобів подолання протиракетної оборони ймовірного супротивника. А також підвищення захищеності шахтних пускових установок.

Треба було вирішити багато досить складних конструктивних, технологічних і виробничих проблем. Наукових напрацювань з цих питань в СРСР не було. Фахівців потрібного профілю і відповідного підрозділу в КБ «Південне» не було. Головний конструктор М.К. Янгель призначив: керівником комплексу М.Ф. Герасюту, здійснювати загальне методичне керівництво, виконувати конкретні проекти повинен був Н.І. Урьев, фахівець з обчислювальної техніки та спеціальних радіосхем.

Підготовка до воєн завжди була основним стимулом вдосконалення технологій. Підґрунтям для створення третього покоління стратегічної ракетної зброї стало створення мініатюрних пристроїв цифрової обчислювальної техніки, різної високоточної апаратури, досконаліших рушійних установок, виготовлення ядерних зарядів з більш високими питомими характеристиками та ін. Один з напрямків розвитку нових технологій направлено на електронну промисловість. Саме вона перш за все забезпечувала функціонування систем автоматичного керування на всіх етапах бойового застосування МБР.

* Часть 1, часть 2 – в след. номере журнала

На Київському заводі «Радіоприлад» (п/с 62) серійно випускали керуючі і обчислювальні машини серії «Дніпро», «Мир» і ін.; створені в Обчислювальному центрі АН УРСР (Інститут кібернетики) під керівництвом В.М. Глушкова. Керуюча машина широкого призначення (КМШП) на той час вже широко застосовувалася в різних галузях промисловості, а також для досліджень, наприклад, в Льотно-дослідному інституті (м. Жуковський, Московська обл.). Природно основні зусилля з наукового забезпечення створення систем управління ракетних комплексів нового класу припали на Інститут кібернетики [2, 3] (рис. 1).

До 1968 р. в МВТУ ім. М.Е. Баумана були розроблені універсальні пристрої введення графічної інформації, в Київському інституті «Мікроприлад» – мікроелектронні елементи. У 1968 р. на харківському КБ «Електроприладобудування» (з 1991 р. – науково-виробниче об'єднання «Хартрон») був випробуваний перший експериментальний зразок бортової ЕОМ на гібридних модулях. Через 6 місяців з'явилася її трьохканальна модифікація на монолітних інтегральних схемах. Провідним розробником систем управління, бортових і наземних обчислювальних комплексів, складного електронного обладнання для різних типів ракет і космічних апаратів, які створювалися на Південному машинобудівному заводі (ПМЗ), став КБ «Електроприладобудування». У 1971 р. відбулося успішне випробування нової ракети 15А14 з бортовою ЕОМ, розробленої в КБ «Електроприладобудування» (Головний конструктор В.Г. Сергєєв).



Рис. 1. В.М. Глушков демонструє роботу ЕОМ
А.П. Александрову і Б.Є. Патону

Для серійного виробництва ЕОМ був притягнутий «Київський радіозавод». Ця бортова ЕОМ прослужила близько 25 років. Її дещо модернізований варіант і в даний час знаходиться в експлуатації на бойовому чергуванні.

Важливою складовою програмного забезпечення була оригінальна система динамічної корекції програм, яка забезпечувала можливість оперативного внесення необхідних змін в програмне забезпечення на всіх етапах робіт від передстартових випробувань до роботи на орбіті.

Такі високі якості систем управління радянських ракет забезпечені технологіями виготовлення їх елементів. Якість і довговічність систем управління зокрема визначається надійністю з'єднання схемних комунікацій, напівпровідників з металевими провідниками, з підкладками. В ракетобудуванні вони ґрунтувались на впровадженні нових технічних рішень. Для рішення цих задач було створено або удосконалено зварювання, паяння та родинні технології. Особливі труднощі викликані тим, що найрізноманітніші деталі і вузли виготовляються в основному з металів малої товщини і діаметрів. Крім того, напівпровідникові структури в основному виготовляють з монокристалів кремнію і германію – порівняно крихких матеріалів, покритих тонкою плівкою стійких оксидів.

У 1971 р. в ІЕЗ Б.Є. Патон створив відділ «Фізико-хімічні процеси пайки» (керівник О.А. Росошинський), основним напрямком якого було виконання робіт для електронної промисловості. Незабаром була розроблена технологія виготовлення напівпровідникових приладів із застосуванням ультразвуку, конструкції і технології зварювання-паяння безкорпусних діодів, створені електролізно-водні газогенератори для мікрозварювання і мікропайки (В.І. Балакин, В.М. Кісліцин, О.Г. Мусин, І.М. Мельниченко, В.П. Шевченко) [4, 5].

Проблема економії дорогоцінних металів при паянні, і разом з тим, підвищення надійності з'єднань, була вирішена розробкою спеціальних паст і мідно-фосфорних припоїв замість тих, що містять срібло.

Індукційне паяння удосконалювалось в НДІТМ-е і інших організаціях (М.В. Поплавко, С.М. Лоцманов, В.П. Фролов і ін.) [6].

Такі переваги індукційного паяння, як швидке нагрівання виробів, висока продуктивність і можливість механізації і автоматизації, притягнули увагу спеціалістів галузі. Розробленням спеціальних печей для паяння займалися ВНДІСВЧ ім. В.П. Вологдіна, ВНДІЕТО, ВВІА ім. М.Є. Жуковського, ІЕЗ ім. Є.О. Патона, МАТІ ім. К.Е. Цюлковського і ряд інших організацій. Крім металів, в печах можна одержувати надійні з'єднання металів з керамікою і керметами, при виробництві приладів з деталями з молібдену, вольфраму і міді, покритими золотом або сріблом (В.Ф. Хорунов, Ю.Б. Малевський, В.С. Несміх) [7].

Нагрівання електронним променем почало одночасно використовуватися для паяння високоточних виробів, зібраних з тонкостінних і елементів різної товщини, а також виготовлення вузлів і конструкцій з активних і тугоплавких металів. (В.Ф. Хорунів, Ю.Б. Малевський та ін.).

В 1964 р. в ІЕЗ ім. Є.О. Патона створено мікроплазмове зварювання, в т.ч., вперше в світі – зварювання різнополярними імпульсами (Б.Є. Патон, В.С. Гвоздецький і ін.) [8]. Такий процес знайшов використання для виготовлення електронних приладів.

В 1968 р. в Московському авіаційно-технологічному інституті ім. К.Е. Ціолковського спроектована установка для прецизійного зварювання і паяння промислою енергією (Г.Д. Нікіфоров, М.І. Опарин, О.М. Кабанов, А.А. Кафаров і ін.). Наявність мікроскопу і механізму переміщення забезпечує суміщення електронного пучка і зони з'єднання з точністю ± 5 мкм при паянні золотих дрітків діаметром 80 мкм до ніхром-марганцевого срібла на склі (товщина шарів складала 30 і 800 нм) [9].

В 1970-х рр. в ІЕЗ (В.П. Гаращук, О.О. Величко, П.Ф. Авраменко), Інституті металургії ім. О.О. Байкова і ряді інших організацій розроблені високоефективні технології виготовлення елементів електронної техніки паянням променем лазера [10]. Вдалося вирішити проблеми з'єднання тонких дрітків з тонкими плівками, а також утворення омичних контактів в кристалах інтегральних схем, розроблено технологію приєднання "павучка" до кулькових виводів інтегральних схем шляхом паяння за один імпульс випромінювання лазера (О.В. Якубович, В.Е. Матюшков і ін.) [11, 12].

Для вирішення проблем радіоелектронної і приладобудівної промисловості Б.Є. Патон організував в ІЕЗ відділ контактного мікрозварювання під керівництвом В.Є. Моравського. Було створено точкове, стикове, і рельєфне зварювання опором енергією розряду конденсатора (В.Є. Моравський, В.А. Васильченко, Д.М. Калеко та ін.) [13, 14] (рис. 2).



Рис. 2. Винахідники технологій мікроз'єднань К.К. Хренов (зліва) і В.Є. Моравський

Для мікроелектроніки К.К. Хренов і Е.М. Есібян розробили зварювання малоамперною дугою. Холодне і магнітоімпульсне зварювання дозволили отримати такі сполуки, які не вдавалося отримати іншими способами. Була вирішена проблема виготовлення унікальних виробів кріогенної техніки, електроніки, радіотехніки (К.К. Хренов, П.І. Гурський, І.О. Шульман, Ю.О. Корнієнко та ін.).

В області теорії, технології та розробки обладнання для зварювання в радіоелектронній промисловості плідно працювали МВТУ ім. Н.Е. Баумана, Всесоюзний науково-дослідний інститут зварювального обладнання, Московський інститут електронного машинобудування, Ризький, Львівський та Київський політехнічні інститути і багато інших організацій [16].

Широко застосовували електронно-променеве зварювання. Зокрема, прецизійне зварювання корпусів електровакуумних приладів, гіроскопів і герметизації мікросхем в алюмінієвих оболонках виконано як фінальна операція виготовлення високоточних приладів. Технологія забезпечує мінімальні зварювальні деформації (не більш 0,03 мм на діаметрі до 100 мм), незначний (не вище 60 °C) розігрів розташованих усередині корпусу або оболонки елементів монтажу й мікросхем, а також допускає розташування герметичних виводів на корпусі приладу на відстані до 2 мм від зварного шва [16, 17] (рис. 3).

Паралельно електронно-променевому зварюванню в ІЕЗ розвивалися і інші електронно-променеві технології – рафінування металів і сплавів, отримання покриттів і композиційних матеріалів. Усі розроблені технології були застосовані не тільки в ракетно-космічній галузі, а й різко підвищили рівень виробництва багатьох інших галузей. Відповідно до економічної доктрини Уряду СРСР установи і підприємства ВПК виробляли і цивільну продукцію. Успіхи в розвитку електронно-обчислювальної техніки забезпечили як захист країни, так і задовольнили потребу в новій радіотехнічній продукції.

Слід нагадати, що УР-100 була прийнята на озброєння РВСР у 1967 р., вона була порівняно недорога

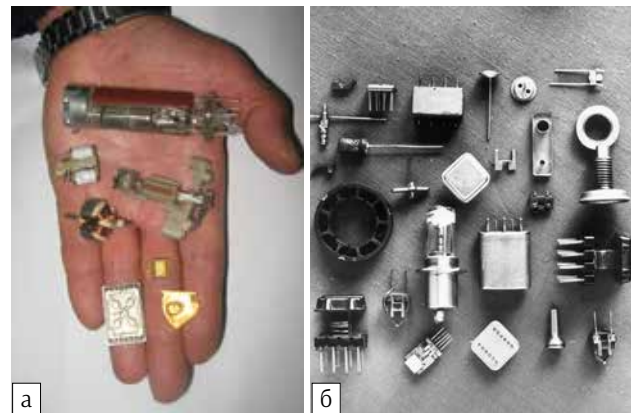


Рис. 3. Вироби виконані: а) мікроконтактним зварюванням, б) мікроплазмовим зварюванням і паянням

і випускалася масово для якнайшвидшого нарощування військового потенціалу СРСР у порівнянні з США. Усього було розгорнуто близько 1000 таких ракет. Вони були здатні доставити термоядерну головну частину масою 800–1500 кг на відстань до 12 000 км з точністю стрільби 5 км. КБП за місяць вересень 1968 р. розробило аванпроект на модернізовану ракету, названу МР-УР-100. При цьому не була відкинута і запропонована Центральним конструкторським бюро машинобудування схема модернізації комплексу УР-100, а по суті відбулося створення нового ракетного комплексу УР-100Н [18].

Базовими приладами системи управління були: гіростабілізована платформа з трьома гіроінтеграторами і дискретними датчиками вихідної інформації, розроблена в НДІ ПМ під керівництвом В.І. Кузнецова; трьохканальна БЦОМ; цифрова наземна апаратура. Систему управління ракетами Р-36М і МР-УР100 (Головні конструктори М.К. Янгель, В.Ф. Уткін), УР-100Н, УР-100Н УТТХ (Головний конструктор В.М. Челомей) і міжконтинентальні ракетні комплекси «Темп-2С», «Тополь» (Головний конструктор О.Д. Надирадза) розробило КБ «Електроприладобудування». Це була перша вітчизняна система керування МБР, виконана повністю на основі застосування цифрових обчислювальних машин у бортовій і наземній апаратурі (під керівництвом Я.Е. Айзенберга) (рис. 4).

З 1965 р. випуск ракетно-космічної техніки зайняв провідне місце у роботі підприємства «Київприлад». Київським ЦКБ заводу «Арсенал» була розроблена система прицілювання ракети МР-УР100, і саме на заводі «Арсенал» налагоджений серійний випуск системи. У 1971 р. на стенді було проведено успішне випробування створеної на ЮМЗ ракети з використанням бортової ЕОМ, розробленої в НВО «Хартрон». Успішний запуск ракети на полігоні поклав край недовірі до цифрової обчислювальної техніки. Стало зрозуміло, що пора запускати перші бортові ЕОМ в серійне виробництво. Для цього було залучено «Київський

радіозавод». Подальша злагоджена робота ЮМЗ, НВО «Хартрон» і радіозаводу дозволила створити ракетно-космічні комплекси, які стали єдиними в своєму роді в СРСР.

Київський завод автоматики мав значний досвід у створенні приладів для управління судами і торпедами, зокрема засновані на гіроскопах. З 1966 р. у складі заводу створено Спеціальне конструкторське бюро, де розробляли гіроскопічні електро-механічні прилади управління ракетами-носіями та космічними апаратами.

У 1960-х рр. для виявлення цілі на далеких підступах (за сотні кілометрів) і видачі цілевказівки ракетної зброї в НДІ «Квант» були створені радіолокаційні системи. У 1972 р. було розроблено і освоєно виробництво мікроелементів. З того часу тут були розроблені і прийняті на озброєння більше 50 видів радіолокаційних систем і комплексів. Серед них – різні типи багатофункціональних радіолокаційних комплексів, здатних працювати на надводних і підводних кораблях, системи цілевказівки для ракетної зброї, комплекси оптико-електронної протидії високоточної зброї, системи управління вогнем, наземних та морських станцій прийому інформації від космічних об'єктів та ін.

Крім того, в створенні ракет третього покоління брали участь: Запорізький НДІ радіозв'язку (розробка рухомих агрегатів для регламентних перевірок радіоканалів бойового керування), Запорізький завод «Радіоприлад» (серійний випуск рухомих агрегатів для регламентних перевірок радіоканалів бойового керування), Харківський приладобудівний завод ім. Т.Г. Шевченка (серійний випуск апаратури автоматизованої системи бойового управління та зв'язку), Харківський завод «Комунар» (серійний випуск апаратури системи управління ракет МР-УР100, МР-УР100 УТТХ) та ін.

Застосування на ракеті Р-36М системи керування з БЦОМ дозволило (стосовно ракети Р-36): керувати розведенням, побудовою заданих бойових порядків засобів РТЗ і ББ та індивідуальним наведенням ББ на цілі в межах енергетично досяжної площі розведення; за рахунок застосування оптимальних програм виведення і розведення підвищити енергетичні можливості ракети; повністю автоматизувати всі процеси керування БРК з командного пункту БРК у процесі експлуатації та бойового застосування; здійснювати оперативне переприцілювання з малою втратою боездатності по польотних завданнях, що зберігаються на ПУ; підвищити боездатність комплексу ~ в 4 рази; підвищити точність стрільби ~ в 3 рази.

У пневмогідравлічній схемі ракети реалізовано низку принципово нових рішень, що дозволили значно спростити конструкцію та схему роботи ПГС, зменшити кількість елементів автоматики, виключити необхідність проведення профілактичних робіт з ПГС і підвищити її надійність при



Рис. 4. Поштова марка України: «Хартрон – системи керування в космосі і на землі»

одночасному зменшенні маси. Повна ампулізація паливних систем забезпечила час перебування РК у бойовій готовності до 10–15 років (практично – більш 25 років) [18].

Розробку двох нових ракетних комплексів третього покоління КБП інтенсивно продовжувало практично одночасно. Комплекс з ракетою МР-УР100 створювався приблизно на рік пізніше за строками, і це дало можливість використати нові, перспективні конструкторські рішення з комплексу Р-36М і цим зменшити строки його відпрацювання. На обох комплексах застосовано схеми мінометного старту з ТПК, ГЧ, що розділяються, системи керування на основі БЦОМ, єдиний уніфікований бойовий блок РГЧ, аналогічні конструктивно-компонувальні схеми твердопаливних двигунів РГЧ.

У процесі розроблення РГЧ дійшли висновку, що приладовий відсік має відокремлюватися від ракети і забезпечувати політ РГЧ. У пошуках можливості мінімізації маси прийшли до ідеї герметичного приладового відсіку. Це рішення дозволило відмовитися від корпусів приладів, максимально зблизити їх між собою, зменшивши їх масу та масу кабельної мережі, забезпечивши кращі умови для функціонування апаратури, та істотно зменшити габарити та масу приладового відсіку. Герметичний приладовий відсік став об'єктом подвійного використання: спочатку у складі ракети під час польоту перших ступенів, а потім, відокремившись від ракети разом з РГЧ, забезпечував її політ і розведення ББ. При цьому покращилася штатна експлуатація ракети – у разі відмови одного з приладів заміняли ГПВ, узятий із ЗІП, а несправний відправляли на завод-виробник для ремонту.

Модернізація системи керування (КБ «Електроприладобудування») полягала в реалізації більш повних законів управління із зведенням практично до нуля методичних помилок, а також збільшенням пам'яті БЦОМ. При цьому точність стрільби було покращено в 2,5 рази, час готовності ракети до пуску зменшився до 62 с.



Рис. 5. Блок управління ракети 15A16

Покращення параметрів системи прицілювання (КБ заводу «Арсенал») досягалося за рахунок підвищення точності дотримання характеристик апаратури, підвищення ударостійкості, застосування системи попереджувального запуску і квантового оптичного гірометра з високою швидкодією, що дозволяв виконувати багаторазову корекцію прицілювання.

Уперше в практиці вітчизняного ракетобудування на ракеті 15A16 було застосовано систему «Меридіан», що дозволяла визначити напрямок справжнього меридіана і забезпечувала прицільний пуск ракети після ядерного впливу. За допомогою системи «Меридіан» була можливість дистанційно вимірювати та уточнювати поправку азимута базового елемента, визначену під час постановки на бойове чергування, за допомогою візуальних гірокомплексів (рис. 5).

Льотні випробування обох ракетних комплексів розпочалися на НДВП-5 у жовтні 1977 р. і завершилися у вересні 1979 р. (15A16), і в листопаді 1979 р. (15A18).

На льотних випробуваннях цих ракет як вимірювальні засоби використовували новітні варіанти датчиков-перетворювальної апаратури, систему телеметричних вимірювань «Сиріус», бортові прилади системи траєкторних вимірювань «Вега-АП». Траси випробувань було переоснащено високоефективними антенами («Изумруд», «Агат», «Орбита-У»).

Ракета 15A18 могла доставити РГЧ з індивідуальним наведенням 10ББ з потужністю заряду 0,5–0,7 Мт, з точністю стрільби $\pm 0,65$ км, маючи потужну систему подолання протиракетної оборони потенційного супротивника.

На початку 1970-х рр., враховуючи реальні можливості високоефективних методів радіоелектронної протидії потенційним супротивником засобів бойового керування стало досить актуальним завдання гарантованого доведення бойових наказів від вищих ланок керування (Генштаб, Управління ракетних військ стратегічного призначення (РВСП)), до командних пунктів і окремих пускових установок стратегічних ракет. Виникла ідея використовувати для цих цілей як доповнення до наявних каналів зв'язку спеціальну командну ракету, оснащену потужним радіопередавальним пристроєм, що запускається в особливий період і подає команди на пуск усіх ракет, що перебувають на бойовому чергуванні по всій території СРСР.

Розроблення спеціальної командної ракетної системи, що одержала назву «Периметр», було задано КБ «Південне» постановою уряду від 30 серпня 1974 р. Як базову ракету спочатку передбачалося використовувати ракету МР-УР100 (15A15), згодом зупинилися на ракеті МР-УР100 УТТХ (15A16). Дороблена стосовно системи керування ракета одержала індекс 15A11.

На ракеті встановлювалась спеціальна головна частина, що містила оригінальну радіотехнічну систему розробки ОКБ Ленінградського політехнічного інституту (НВО «Імпульс»). У створенні комплексу командної ракети брали участь багато підприємств і організацій різних міністерств і відомств. Основні з них: НВО «Імпульс» (В.І. Мельник), НВО АП (М.О. Пілюгін), КБСМ (О.Ф. Уткін), ЦКБТМ (Б.Р. Аксютин), МНДІРЗ (А.П. Біленко), ВНДІС (Б.Я. Осипов), ЦКБ «Геофізика» (Г.Ф. Ігнат'єв), НДІ-4 МО (Є.Б. Волков).

Після наземного відпрацювання нових технічних рішень у 1979 р. розпочалися льотно-конструкторські випробування командної ракети. На площадці 71 було створено спеціальний командний пункт, оснащений заново розробленою унікальною апаратурою бойового керування для забезпечення дистанційного контролю та пуску командної ракети за наказами, що надходять від вищих ланок керування РВСП. Під час випробувань системи «Периметр» були проведені реальні запуски ракет. Разом з льотними випробуваннями проводилася наземна перевірка працездатності всього комплексу в умовах впливу вражаючих факторів ядерного вибуху на полігоні Харківського фізико-технічного інституту, у випробувальних лабораторіях ВНДІЕФ (м. Арзамас), на ядерному полігоні (на острові Нова Земля). Проведені випробування підтвердили працездатність апаратури за рівнів впливу ядерного вибуху, що перевищують задані тактико-технічні вимоги.

Ще під час льотних випробувань постановою уряду було поставлено завдання про розширення функцій, що вирішував комплекс командної ракети, з доведенням бойових наказів не тільки до об'єктів РВСП, але і ракетних підводних човнів стратегічного призначення, літаків дальньої і морської ракетноносної авіації на аеродромах і в повітрі, пунктів керування РВСП, ВПС і ВМФ.

Література

1. Лобанов Л.М., Корнієнко О.М. Зварювання та споріднені технології – бойовому ракетобудуванню. Част. 5. Друге покоління МБР – народження в умовах зовнішньої і внутрішньої конкурентної боротьби. // Сварщик. – 2021. – № 4. – С. 49–53.

2. Малиновский Б.Н. Цифровая полупроводниковая управляющая машина (УМШН) и перспективы её использования. В сб. «Итоги научно-технической конференции», Ивановский энергетический институт им. В.И. Ленина, Иваново, 1962.

3. Глушков В.М. Перспективы использования вычислительной техники. Доклад на Международной выставке «Интероргтехника-66». – М., 1966.

4. Россошинский А.А. Ультразвуковая микросварка. – М.: Энергия, 1977. – 185 с.

5. Россошинский А.А. Табелев В.Д., Кислицын В.М. Микросварка давлением. – Киев: Техника, 1971. – 152 с.

6. Буслович С.Л., Коциньш И.А., Калкут Л.Е., Гельфгат Ю.М. Автоматизация пайки печатных плат. – М.: Энергия, 1976. – 216 с.

7. Несмих В.С., Малевский Ю.Б., Губенко Б.Г., Хоруннов В.Ф. Контактная реактивная пайка меди с тугоплавкими металлами. // Автоматич. сварка. – 1970. – № 8. – С. 59–61.

8. Патон Б.Е., Гвоздецкий В.С., Дудко Д.А. и др. Микроплазменная сварка. – К.: Наукова думка, 1979. – 248 с.

9. Никифоров Г.Д., Дьяченко В.В., Опарин М.И., Лопатина Г.Г. Использование сфокусированной лучистой энергии мощных ксеноновых ламп для сварки и пайки металлов. // Сварочн. пр-во. – 1969. – № 9. – С. 1–3.

10. Аврамченко П.Ф., Величко О.А., Моравский В.Э. Импульсная лазерная пайка проводников с пленками в микроприборостроении. // Автомат. сварка. – 1978. – № 5. – С. 24–26.

11. Кривошей А.В., Бельцев А.Н. Пайка и сварка в производстве радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Энергия, 1974. – 240 с.

12. Якубович О.В., Матюшков В.Е. и др. Пайка лучом лазера изделий электронной техники. Информац. сообщение // ВИНТИ. – 1981. – № 4. – С. 57–59.

13. Моравский В.Э. Конденсаторная сварка металлов малых толщин. – Киев: Машгиз, 1969. – 144 с.

14. Моравский В.Э., Гаращук В.П., Величко О.А. Технология и оборудование импульсной лазерной сварки и резки. – М.: Машиностроение, 1976. – 56 с.

15. Хренов К.К. Холодная сварка металлов. – Москва, 1972. – 31 с.

16. Браткова О.Н., Назаров Г.В., Лысенко А.С. и др. Источники питания для односторонней контактной микросварки. // Автоматическая сварка. – 1970. – № 9. – С. 40–52.

17. Назаров Г.В., Гревцев Н.В. Сварка и пайка в микроэлектронике. – М.: Советское радио, 1969.

18. Ракеты и космические аппараты конструкторского бюро «Южное». / под ред. С.Н. Конюхова / – Днепропетровск: «КБЮ», 2000. – 239 с.

●#2063