

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 1 (82)
январь – март
2019

Республиканский межотраслевой производственно-практический журнал
Издается с июля 1998 года
Выходит один раз в три месяца

Учредитель: Общественное объединение
«Белорусское общество инженеров-механиков» (ОО «БОИМ»)

Главный редактор Чижик С.А.

Редакционная коллегия:

Андреев М.А., Дашков В.Н.,
Дубовик Д.А., Дюжев А.А., Захарик А.М.,
Колпащиков В.Л., Крупец Л.Н.,
Лягушев Г.С., Мариев П.Л.,
Медвецкий Е.И., Мелешко М.Г.

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Ф. Скорины, 52/6
тел./ факс 262-64-28; 264-00-80
E-mail: mail@boim.by
Свидетельство о регистрации
№ 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс **001392**

Компьютерная верстка Н.В. Побяржина

Подписано в печать 19.03.2019.
Формат 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 4,7.
Тираж 100 экз. Заказ №
Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в
ЧПТУП «Колорград»
Лицензия ЛП № 02330/474 от 08.09.2015 г.
220033, г. Минск, пер. Велосипедный, 5,
оф. 904.
www.segment.by

СОДЕРЖАНИЕ

Алферов Жорес Иванович.....2

Разработки ученых и специалистов

Разработка комплекса оборудования с технологическим оснащением для процессов аддитивного производства. *Хейфец М.Л., Бородавко В.И., Пынькин А.М., Грецкий Н.Л., Астапенко А.А.*.....7

Материалы конференций и семинаров

19-й Международный научно-технический семинар «Современные вопросы производства и ремонта в промышленности и на транспорте».....10

Патентуем сами

Моделирование и управление многофакторными производственными технологическими процессами с использованием интеллектуальных систем. *Дик С.К., Хейфец И.М., Алексеева Т.А.*.....41

К проектированию. *Родюков Денис*.....43

Тренажер для борцов. *Закерничный В.И., Павлович А.Э.*.....45

Очистка отходящих газов от органических соединений. *Шаповалов Ю.П.*.....47

АЛФЁРОВ ЖОРЕС ИВАНОВИЧ

(Материал из Википедии – свободной энциклопедии)

Жорэс Іванавіч Алфёраў (белор. *Жарэс Іванавіч Алфёраў*; 1930, Витебск, Белорусская ССР, СССР – 1 марта 2019, Санкт-Петербург, Россия) – советский и российский учёный-физик, политический деятель.

Лауреат Нобелевской премии по физике (2000 год, за разработку полупроводниковых гетероструктур и создание быстрых опто- и микроэлектронных компонентов). Вице-президент РАН с 1991 до 2017 года. Председатель Президиума Санкт-Петербургского научно-го центра РАН.

Академик АН СССР (1979; член-кор-респондент 1972). Заслуженный энергетик Российской Федерации (1996). Лауреат Ленинской премии (1972), Государственной премии СССР (1984), Государственной премии Российской Федерации (2001). Полный кавалер ордена «За заслуги перед Отечеством».

Иностранный член Национальной академии наук США (1990) и Национальной инженерной академии США (1990), Корейской академии наук и технологий (1995), Китайской академии наук, Польской академии наук (1988), член Академий наук Республики Беларусь (1995), Молдавии (2000), Азербайджана (2004), почётный член Национальной академии наук Армении (2011).

Член КПСС. Депутат Государственной думы Федерального Собрания РФ II–VII созывов (с 1995). В 1989 году был избран народным депутатом СССР от АН СССР, в декабре 1995 года Алфёров был избран в Государственную думу второго созыва от движения «Наш дом – Россия»; в 1999, 2003, 2007, 2011, 2016 годах переизбирался депутатом Госдумы РФ по партийным спискам КПРФ, не являясь членом партии.



Биография

Родился в белорусско-еврейской семье. Отец будущего учёного Иван Карпович Алфёров (1894–1982) родился в Чашниках, мать Анна Владимировна Розенблюм (1900–1982) происходила из местечка Крайск (ныне Логойский район Минской области Белоруссии). Отец Алфёрова служил унтер-офицером 4-го гусарского лейб-гвардии Мариупольского полка. Воевал практически всю войну на Северо-Западном фронте, имел Георгиевский крест. После февральской революции стал активным

борцом против продолжения войны. В июле 1917 года за антивоенную агитацию он был арестован и посажен в Двинскую крепость. Сразу после освобождения в сентябре стал членом РСДРП(б). Он был председателем полкового комитета и членом дивизионного. Отец был делегатом Второго съезда Советов, 26 октября 1917 года он в Смольном слушал историческую речь Ленина. В 1920-е годы И. К. Алфёров был назначен уполномоченным ВЧК на пограничную заставу в районе Крайска, где квартировался в доме своей будущей жены; отсюда уже молодожёны вместе переехали в Витебск.

Жорес получил имя в честь Жана Жореса. Довоенные годы провёл в Сталинграде, Новосибирске, Барнауле и Сясьстрое, куда направляли отца – к тому времени выпускника Архангельской промакадемии и инженера; мать работала библиотекарем.

Перед Великой Отечественной войной семья Алфёровых переехала в Туринск, где его отец работал директором целлюлозно-бумажного завода,

и после её окончания вернулась в разрушенный войной Минск. Старший брат – Марк Иванович Алфёров (1924–1944) – погиб на фронте.

Окончил с золотой медалью среднюю школу № 42 в Минске и по совету учителя физики Якова Борисовича Мельцерзона несколько семестров отучился в Белорусском политехническом институте (ныне – БНТУ) г. Минска на энергетическом факультете, после чего поехал поступать в Ленинград, в ЛЭТИ. В 1952 году окончил факультет электронной техники Ленинградского электротехнического института имени В. И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ), куда был принят без экзаменов, а потом семья переехала в Ленинград в связи с переводом отца на новое место работы.

С 1953 года работал в Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе, где был младшим научным сотрудником в лаборатории В. М. Тучкевича и принимал участие в разработке первых советских транзисторов и силовых германиевых приборов. Кандидат физико-математических наук (1961).

Свой первый патент в области гетеропереходов Алфёров получил в марте 1963 года. Гетеропереходы он исследовал вместе с Рудольфом Казариновым. Учёные добились того, что заработал полупроводниковый лазер, который теперь применяется в опико-волоконной связи и в проигрывателях компакт-дисков.

В 1970 году Алфёров защитил докторскую диссертацию, обобщив новый этап исследований гетеропереходов в полупроводниках, и получил степень доктора физико-математических наук.

Зимой 1971 года Алфёров улетел в США, где Франклиновский институт присудил ему медаль Стюарта Баллантайна – за разработку гетеролазера.

В 1972 году Алфёров стал профессором, а через год – заведующим базовой кафедрой оптоэлектроники ЛЭТИ. С начала 1990-х годов Алфёров занимался исследованием свойств наноструктур пониженной размерности: квантовых проволок и квантовых точек. С 1987 по май 2003 года – директор ФТИ им. А. Ф. Иоффе.

В 2003 году Алфёров оставил пост руководителя ФТИ и до 2006 года был председателем учёного совета института[21]. Впоследствии Алфёров сохранял влияние на ФТИ и на ряд связанных с ним научных структур: НТЦ Центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур[22], научно-образова-

тельный комплекс (НОК) Физико-технического института и физико-технический лицей. С 1988 г. (момента основания) декан физико-технического факультета СПбГПУ.

В 1990–1991 годах – вице-президент АН СССР, председатель Президиума Ленинградского научного центра.

В 1990-х гг. создал техническую компанию, её оборот достигал порядка 100 тысяч долларов в год.

С 2003 года – председатель Научно-образовательного комплекса «Санкт-Петербургский физико-технический научно-образовательный центр» РАН. Академик АН СССР (1979), затем РАН, почётный академик Российской академии образования. Вице-президент РАН, председатель президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН. Главный редактор «Писем в Журнал технической физики».

Был главным редактором журнала «Физика и техника полупроводников», членом редакционной коллегии журнала «Поверхность: Физика, химия, механика», членом редакционной коллегии журнала «Наука и жизнь». Был членом правления Общества «Знание» РСФСР.

Являлся инициатором учреждения в 2002 году премии «Глобальная энергия», до 2006 года возглавлял Международный комитет по её присуждению. Считается, что присуждение этой премии самому Алфёрову в 2005 году стало одной из причин оставления им этого поста.

Является ректором-организатором нового Академического университета.

С 2001 года Президент Фонда поддержки образования и науки (Алфёровского фонда).

5 апреля 2010 года было объявлено о назначении Алфёрова научным руководителем инновационного центра в Сколково.



С 2010 года – сопредседатель Консультативного научного Совета Фонда «Сколково».

В 2013 году баллотировался на пост президента РАН и, получив 345 голосов, занял второе место.

Автор более 500 научных работ, трёх монографий и 50 изобретений.

14 ноября 2016 года Алфёров был госпитализирован в больницу Российской академии наук в Санкт-Петербурге с воспалением лёгких.[

30 ноября 2018 года Алфёров попал в больницу с совещания РАН в Москве после гипертонического криза, подозрения на инсульт не подтвердились. 29 декабря 2018 года был направлен в подмосковный санаторий.

Скончался в Санкт-петербургской клинической больнице РАН 1 марта 2019 года в 23:40. Причиной смерти стала острая сердечно-лёгочная недостаточность. Церемония прощания прошла 5 марта в Санкт-Петербургском научном центре РАН, похоронен в тот же день на Комаровском кладбище под Петербургом.

Политическая деятельность

- 1944 – член ВЛКСМ.
- 1965 – член КПСС.
- 1989–1992 – народный депутат СССР,
- 1995–1999 – депутат Государственной думы Федерального собрания РФ 2 созыва от движения «Наш дом – Россия» (НДР), председатель подкомитета по науке Комитета по науке и образованию Госдумы, член фракции НДР, с 1998 – член депутатской группы «Народовластие».
- 1999–2003 – депутат Государственной думы Федерального собрания РФ 3 созыва от КПрФ, член фракции КПрФ, член комитета по образованию и науке.
- 2003–2007 – депутат Государственной думы Федерального собрания РФ 4 созыва от КПрФ, член фракции КПрФ, член комитета по образованию и науке.
- 2007–2011 – депутат Государственной думы Федерального собрания РФ 5 созыва от КПрФ, член фракции КПрФ, член Комитета Государственной Думы по науке и наукоёмким технологиям. Старейший депутат Государственной думы Федерального собрания РФ 5 созыва.
- 2012–2016 – депутат Государственной думы Федерального собрания РФ 6 созыва от КПрФ, член Комитета Государственной Думы по науке и наукоёмким технологиям.
- 2016–2019 – депутат Государственной думы Федерального собрания РФ 7 созыва от КПрФ. Старейший депутат Государственной думы

Федерального собрания РФ 7 созыва.

- Член комитета Госдумы по делам СНГ, евразийской интеграции и связям с соотечественниками (2016–2019).
- Член редакционного совета радиогазеты «Слово».
- Председатель Редакционной коллегии журнала «Нанотехнологии Экология Производство».
- Учредил Фонд поддержки образования и науки для поддержки талантливой учащейся молодёжи, содействия её профессиональному росту, поощрения творческой активности в проведении научных исследований в приоритетных областях науки. Первый вклад в Фонд был сделан Жоресом Алфёровым из средств Нобелевской премии.

Книги

1. Алфёров Ж. И. «Физика и жизнь». – СПб.: Наука, 2001

2. Алфёров Ж. И. «Власть без мозгов. Кому мешают академики». – М.: Алгоритм, 2013. – 320 с. – (Власть в тротиловом эквиваленте). 2000 экз., ISBN 978-5-4438-0521-4

Семья

Первый брак был коротким, жена была родом из Тбилиси. После развода Алфёрову пришлось распрощаться со своей квартирой в Ленинграде и перебраться в лабораторию на раскладушку.[18] От первого брака у Алфёрова осталась дочь Ольга, сотрудница Санкт-Петербургского научного центра РАН, с которой он не поддерживал отношений.

Вторая жена – Тамара Георгиевна Дарская, дочь заслуженного артиста РСФСР Георгия Дарс-кого из Воронежского театра музыкальной комедии. Они познакомились в Сочи в мае 1967 года, она тогда работала в НПО Энергомаш академика В.П.Глушко в Химках. Через полгода они поженились – и Тамара переехала к мужу. Свадьба была в ресторане «Крыша» гостиницы «Гранд Отель Европа».

Сын – Иван Жоресович Алфёров, родился в 1972 г. в Ленинграде, занимается продажей техники для лесобработывающей промышленности.]

Приёмная дочь – Ирина, дочь второй супруги от первого брака, закончила в ЛГУ биологический факультет и работает по специальности. Живёт в США.

Старший брат, лейтенант Маркс Алфёров, ушедший на фронт в 1941 году, погиб 15 февраля 1944 года в последние дни Корсунь-Шевченковской битвы в районе украинской деревни Хильки.

Имел дачу в Комарове, которую построил на месте давно сгоревшей дачи академика, географа и биолога Льва Берга



Награды и премии

Награды России

• Полный кавалер ордена «За заслуги перед Отечеством»:

• Орден «За заслуги перед Отечеством» I степени (14 марта 2005) – за выдающиеся заслуги в развитии отечественной науки и активное участие в законотворческой деятельности.

• Орден «За заслуги перед Отечеством» II степени (2000).

• Орден «За заслуги перед Отечеством» III степени (4 июня 1999) – за большой вклад в развитие отечественной науки, подготовку высококвалифицированных кадров и в связи с 275-летием Российской академии наук.

• Орден «За заслуги перед Отечеством» IV степени (15 марта 2010) – за заслуги перед государством, большой вклад в развитие отечественной науки и многолетнюю плодотворную деятельность.

• Орден Александра Невского (16 июля 2015) – за особые личные заслуги в развитии отечественной науки, законотворчестве, многолетнюю добросовестную работу и общественную деятельность.

• Почётное звание «Заслуженный энергетик Российской Федерации» (21 июня 1996) – за заслуги в области энергетики и многолетний добросовестный труд.

• Государственная премия Российской Федерации 2001 года в области науки и техники (5 августа 2002) за цикл работ «Фундаментальные исследования процессов формирования и свойств гетероструктур с квантовыми точками и создание лазеров на их основе».

Награды СССР

• Орден Ленина (1986).

• Орден Октябрьской Революции (1980).

• Орден Трудового Красного Знамени (1975).

• Орден «Знак Почёта» (1959).

Медали

• Ленинская премия (1972) – за фундаментальные исследования гетеропереходов в полупроводниках и создание новых приборов на их основе.

• Государственная премия СССР (1984) – за разработку изопериодических гетероструктур на основе четверных твёрдых растворов полупроводниковых соединений АЗВ5.

Иностранные награды

• Орден Франциска Скорины (Белоруссия, 17 мая 2001) – за большой личный вклад в развитие физической науки,

организацию белорусско-российского научно-технического сотрудничества, укрепление дружбы народов Белоруссии и России.

• Орден князя Ярослава Мудрого V степени (Украина, 15 мая 2003) – за весомый личный вклад в развитие сотрудничества между Украиной и Российской Федерацией в социально-экономической и гуманитарной сферах.

• Орден Дружбы народов (Белоруссия, 22 января 2009) – за значительный личный вклад в расширение научно-технического сотрудничества между Республикой Беларусь и Российской Федерацией, подготовку научных кадров.

• Золотая медаль имени Низами Гянджеви (Азербайджан, 2015).

Прочие награды и звания

• Медаль Стюарта Баллантайна (Институт Франклина, США, 1971) – за теоретические и экспериментальные исследования двойных лазерных гетероструктур, благодаря которым были созданы источники лазерного излучения малых размеров, работающие в непрерывном режиме при комнатной температуре.

• Хьюллет-Паккардовская премия (Европейское физическое общество, 1978) – за новые работы в области гетеропереходов.

• Золотая медаль Генриха Велкера от Симпозиума по GaAs (1987) – за пионерские работы по теории и технологии приборов на основе соединений III–V групп и разработку инжекционных лазеров и фотодиодов.

• Премия имени Карпинского (ФРГ, 1989) – за вклад в развитие физики и техники гетероструктур.

• XLIX Менделеевский чтец – 19 февраля 1993 года.

• Премия имени А. Ф. Иоффе (РАН, 1996) – за

цикл работ «Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения на основе гетероструктур».

- Почетный доктор СПбГУП с 1998 года.
- Демидовская премия (Научный Демидовский фонд, Россия, 1999).
- Золотая медаль имени А.С.Попова (РАН, 1999).
- Премия Ника Холоньяка (Оптическое общество Америки, 2000).
- Нобелевская премия (Швеция, 2000) – за развитие полупроводниковых гетероструктур для высокоскоростной оптоэлектроники.
- Почётный гражданин Санкт-Петербурга (2001).
- Почётный диплом Законодательного Собрания Санкт-Петербурга (2 марта 2005) – за выдающийся личный вклад в развитие науки в Санкт-Петербурге и в связи с 75-летием со дня рождения.
- Премия Киото (Инамори фонд, Япония, 2001) – за успехи в создании полупроводниковых лазеров, работающих в непрерывном режиме при комнатных температурах – пионерский шаг в оптоэлектронике.
- Премия В. И. Вернадского (НАН Украины, 2001).
- Премия «Российский Национальный Олимп».

Титул «Человек-легенда» (РФ, 2001).

- Золотая медаль SPIE (SPIE, 2002).
- Награда «Золотая тарелка» (Академия достижений, США, 2002).
- Международная энергетическая премия «Глобальная энергия» (Россия, 2005).
- Звание и медаль Почётного профессора МФТИ (2008).
- Медаль «За вклад в развитие нанонауки и нанотехнологий» от ЮНЕСКО (2010).
- Награда «Почётный орден РАУ». Удостоен звания «Почётный доктор Российско-Армянского (Славянского) университета» (ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский) университет, Армения, 2011).
- Международная премия Карла Боэра (2013).
- Присвоено звание «Почётный профессор МИЭТ» (НИУ МИЭТ 2015).

Названы в его честь

1. Астероид (3884) Alfegov, открытый 13 марта 1977 года Н. С. Черных в Крымской астрофизической обсерватории, название присвоено 22 февраля 1997 года.
2. Имя Ж. И. Алфёрова носят гимназия № 42 города Минска и средняя общеобразовательная школа № 2 города Туринска.

При колоссальной востребованности и занятости Жорес Иванович находил возможность вдохновляюще контактировать с Белорусским обществом инженеров-механиков

БЕЛАРУСКАЕ ТАВАРЫСТВА
ИНЖЫНЕРАУ - МЕХАНІКАУ
(БТМ)
ЦЭНТРАЛЬНАЕ ПРАВЛЕННЕ

БЕЛАРУССКОЕ ОБЩЕСТВО
ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ
(БОИМ)
ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРАВЛЕНИЕ

« 12 » марта 2001г.
г. Минск РБ

ПРОТОКОЛ № 2
заседания Центрального правления
Белорусского общества инженеров-механиков
(ОО "БОИМ").

Председатель: Зувев А.Б.
Секретарь: Гольдберг И.С.
Члены: Корольков Д.И., Красневский С.М., Колпациков В.Л.

Обсужденные вопросы и принятые решения:

1. Об избрании Вице-президента РАН, Председателя Президиума СПбРАН, академика, Лауреата Нобелевской премии Жореса Ивановича Алфёрова Почетным членом Белорусского общества инженеров-механиков.

Решили:

- 1.1. Учитывая, что истоком творческой, инженерной и научной деятельности Ж.И.Алфёрова явился Белорусский политехнический институт, его выдающиеся научные разработки и творческие связи с Беларусью избрать Жореса Ивановича Алфёрова Почетным членом Белорусского общества инженеров-механиков.

Председатель ЦП ОО "БОИМ" *А.Б. Зувев* А.Б. Зувев.
Секретарь *И.С. Гольдберг* И.С. Гольдберг.

Российская академия наук
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

190034, Санкт-Петербург, В-34,
Университетская наб. 5
для телеграмм: Санкт-Петербург,
В-34, Наука
Телефон: 218-05-11
Телефакс: 218-41-72

Белорусское общество
Инженеров-Механиков
Зувев А.Б.


№ 01. № 16400-01-962/210
№ 11 от 1.05.2001г.

Глубокоуважаемый Александр Борисович!

Я признателен Белорусскому обществу Инженеров-Механиков за избрание меня Почетным членом Вашего общества.

Желаю процветания, творческих успехов и профессиональных достижений Вашему обществу на благо развития инженерной деятельности в Белоруссии.

Вице-президент РАН,
Председатель Президиума
СПб НЦ РАН, *Ж.И. Алфёров*
академик Ж.И.Алфёров



РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОСНАЩЕНИЕМ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.А. Астапенко, В.И. Бородавко, Н.Л. Грецкий, А.М. Пынькин, М.Л. Хейфец
ОАО «НПО Центр» НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Повышению эффективности производственной деятельности служит создание комплексов технологических, транспортных, энергетических и информационных машин на основе новых аддитивных технологий и повышения производительности уже используемых. Разработка технологических комплексов начинается с анализа принципиальной схемы мехатронной системы, имеющей два контура управления, посредством прямой связи с внешней средой и обратной связи по результатам диагностики состояния объекта управления.

Выбор потоков энергии и материалов для послойного синтеза изделия осуществляется в зависимости от свойств материалов или их композиций, геометрических характеристик поверхностей, их точности. При этом особое внимание уделяется фокусировке или распределению потоков в пространстве и во времени. Анализ достижимости точности формирования поверхностей с позиций влияния плотности мощности применяемых концентрированных потоков энергии, позволяет рекомендовать ряд источников энергии для использования в раскройном оборудовании.

Практически непрерывный ряд по плотности мощности обеспечивают следующие технологические источники: газовое пламя и плазменная дуга; сварочная дуга и искровые разряды; непрерывный и импульсно-периодический лазеры. Особый интерес вызывают потоки абразивных частиц, реализующие при взаимодействии высоконапорной струи с поверхностью, процессы аналогичные изнашиванию и выкрашиванию при интенсивном трении и приработке.

Это обусловило, в зависимости от решаемых задач, достаточно активное применение в рас-

кройном оборудовании: газопламенных, плазменных, электроискровых (эрозионных), лазерных источников энергии. Выбор источников для раскройного оборудования определяется как толщиной и материалом листовых заготовок, так и точностью обработки.

Мехатронный технологический комплекс реализует прямую связь при управлении потоком энергии или материала, послойно синтезирующего изделие, а обратную связь по состоянию формируемого слоя или обрабатываемой поверхности сформированного изделия. Рассматривается граф кортежей различных видов обработки проектируемого технологического оборудования и анализируются налагаемые связи: механические и электрические (привода и источники), электронные и программные (средства контроля и управления) в мехатронной системе.

В результате привод источника реализован в качестве многокоординатного манипулятора, а сам комплекс и его средства оснащения представляют собой мехатронную технологическую систему (рис. 1). Данный технологический комплекс позволяет производить как резку так и последующую послойную листовую сборку готового изделия посредством сварки по контуру плазменной сварочной головкой фирмы Kjellberg (рис. 2).

Для повышения качества поверхности формируемого изделия и снижения длительности процессов макетирования и производства с позиций видов и форм заготовок применяемых материалов рассмотрено рациональное разбиение на слои, с учетом оценки качества поверхности, зависящей от формы изделия. Анализ разбиения в различных методах послойного синтеза обе-

спечивает выбор наиболее рациональных процессов макетирования и производства конкретного изделия.

Рассмотрим схему алгоритма разбиения изделия на слои. Она состоит из блоков:

1. Компьютерная модель изделия, включающая его геометрическое описание, определение критериев оптимальности конструкции путем выявления «мертвых» зон для потоков энергии или вещества, в которых достижение требуемых параметров качества поверхности проблематично.

2. Выделение слоя максимально возможной толщины h_{max} с проверкой и корректировкой слоя, если он является последним. При этом рассматривается разбивка на слои одинаковой толщины и разными углами наклона кромок, вписанных в геометрический профиль и неравномерной толщины различных слоев. Разбивка непосредственно влияет на геометрические параметры качества поверхности (R_{max} , R_z , R_a и др.).



Рис. 1. Технологический комплекс плазменного раскроя материала с манипулятором для резки и разделки кромок заготовок под углом

3. Оценка рельефа поверхности R_{max} по периметру слоя осуществляется путем проверки параметров качества поверхности, получаемых в текущем слое.

4. Корректировка путем изменения толщины слоя с использованием коэффициентов пониже-

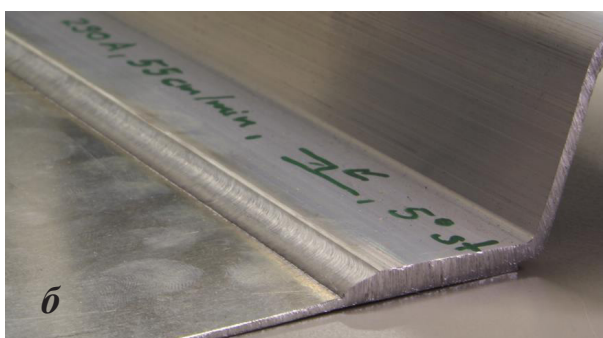


Рис. 2. Оборудование для плазменной сварки:
а) сварочная головка Kjellberg; б) послойная сварка изделия;
в) сечение сварочного шва (информация с сайта www.kjellberg.de)

ния α производится при недопустимых параметрах рельефа поверхности (например: $\alpha = 3/4, 1/2, 1/4, \dots$ – для LOM (Laminated Object Manufacturing) – технологии; $\alpha = 0,7 \dots 0,8$ для SLS (Selective Laser Sintering) – технологии).

5. Присоединение слоя к предыдущему или подложке сопровождается проверкой сцепления текущего слоя с предыдущим по размеру площади перекрытия или скрепления слоев.

6. Проверка завершения синтеза изделия заканчивает цикл послойного «выращивания» и подсчитывает программными средствами общее количество слоев изделия.

7. Верификация модели – завершающий этап компьютерного сопоставления «выращенной» модели и исходной.

Расчет общего количества слоев (блок 6) позволяет оценить эффективность процесса, выбираемого для послойного синтеза изделия заданной формы одним из предлагаемых методов. Верификация модели послойного синтеза (блок 7) дает возможность проверить удовлетворение требований к геометрическим параметрам качества сложнопрофильных поверхностей, заложенных в компьютерную модель изделия (блок 1).

Регулирование толщины слоя (блок 4) и угла «разделки» его кромок (блок 2) позволяет управлять геометрическими параметрами качества

сложнопрофильной поверхности (блок 3) и внести корректировки в начальный выбор метода аддитивного производства.

Проверка сцепления слоев изделия в ряде случаев требует, помимо определения площади их перекрытия (блок 5), также анализа рельефа плоской или сложнопрофильной поверхности. Последний вариант обычно используется при нанесении оболочек или покрытий на послойно «выращенное» изделие.

Таким образом, анализ методов получения деталей машин без формообразующей оснастки показал, что процессы аддитивного производства требуют, кроме изучения технологии получения изделия из конструкционных материалов, также разработки информационных технологий их моделирования.

Для технологии послойного формирования из листового материала, с целью обеспечения высокой точности геометрической формы, рекомендован алгоритм разбиения изделия на слои различной толщины, учитывающий разделку их кромок под углом.

Рассмотрено компьютерное проектирование процессов листового раскроя и послойной сборки, на примерах формирования изделий сложной геометрии, с учетом использования 5-координатного манипулятора в автоматизированном раскройном комплексе.



19-й Международный научно-технический семинар

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА ТРАНСПОРТЕ

18–23 февраля 2019 г.

Ассоциация технологов-машиностроителей Украины
совместно с
Академическим сообществом Михала Балудянского
в г. Кошице, Словацкая Республика проводит

Тематика семинара

Современные тенденции развития технологии машиностроения
Подготовка производства как основа создания конкурентоспособной продукции
Состояние и перспективы развития заготовительного производства
Совершенствование технологий механической и физико-технической обработки в машино- и приборостроении
Упрочняющие технологии и покрытия
Современные технологии и оборудование в сборочном и сварочном производстве
Ремонт и восстановление деталей машин в промышленности и на транспорте, оборудование для изготовления, ремонта и восстановления
Стандартизация, сертификация, технологическое управление качеством и эксплуатационными свойствами изделий машино- и приборостроения
Внедрение стандартов ДСТУ ISO 9001:2015 в промышленности, высших учебных заведениях, медицинских учреждениях и органах государственной власти.
Метрология, технический контроль и диагностика в машино- и приборостроении
Экологические проблемы и их решения в современном производстве

ПОЛУЧЕНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ АДДИТИВНЫМИ МЕТОДАМИ

Чижик С.А. Институт тепло-массобмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси,

Хейфец М.Л. ГНПО «Центр» НАН Беларуси,

*Витязь П.А., Сеньюк В.Т. Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
Минск, Беларусь,*

*Колмаков А.Г. Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
Москва, Россия*

Сущность аддитивных технологий заключается в послойном синтезе или «выращивании» изделия по «цифровой модели» без использования формообразующей оснастки. Создание формы изделия происходит путем добавления материала, в отличие от традиционных технологий, основанных на удалении «лишнего» материала [1].

Передовые технологии, помимо используемых новых аппаратных и программных средств, оборудования и оснащения, основываются на послойном выращивании поверхностей изделий и самоорганизации структур композиционного материала [2, 3]. Поэтому особенно перспективен подход, рассматривающий аддитивные методы как синерготехнологии, обеспечивающие самоорганизацию

поверхностных явлений при послойном формировании структур поверхностных слоев различных материалов и управление их свойствами при разнообразных физических воздействиях [4].

Самоорганизация поверхностных явлений обеспечивает устойчивое образование слоя определенной толщины при значительных изменениях расстояния от источника энергии или подаваемого материала до формируемой поверхности, а также позволяет в результате взаимопроникновения сращивать последовательно наносимые слои [4, 5]. Прямое выращивание изделий послойным синтезом материала возможно в различных агрегатных состояниях - твердом, жидком, газообразном и в разнообразных высокоэнергетических процессах [2, 4] с объемной, множеством локализованных и единой сфокусированной зоной поглощения [5] в зависимости от плотности мощ-

ности потоков энергии.

Высокоэнергетические процессы (индукционная наплавка, послойное нанесение металлических порошков, электромагнитная наплавка порошка, ионная имплантация и осаждение покрытия из газообразного состояния) дают возможность послойно наносить материалы с особыми свойствами и создавать поверхности изделий геометрически сложной формы. Они позволяют направленно изменять физико-механические свойства материала в зависимости от требований эксплуатации деталей в машине [5–7].

Для анализа путей интенсификации формирования структур и фаз поверхностных слоев деталей в обрабатывающей системе выделяются нестабильные переменные (температура, давление, сила тока, магнитная индукция и др.), которые подчиняют себе развитие, эволюцию стабильных в данном процессе параметров. Такой подход позволяет рассматривать любую структуру, как самостабилизирующийся энергетической обусловленностью комплекс [5]. При эволюции чередование переходов системы из устойчивого в неустойчивое состояние сопровождается сменой масштабного уровня процесса поглощения энергии и образованием диссипативных структур [6].

Для описания процессов модифицирования поверхностных слоев при воздействиях концентрированными потоками энергии исследуется открытая технологическая система с дополнительными термодинамическими степенями свободы и рассматривается формирование диссипативных структур и фаз, рассеивающих избыток подводимой энергии.

Поверхности раздела структур и градиенты свойств слоев при аддитивных синерготехнологиях, формирующих композиционный материал изделия, определяются технологическими барьерами, которые дают возможность установить граничные условия процессов послойного синтеза [8]. Условия создания слоя в высокоинтенсивных процессах целесообразно связать с особенностями конструирования формируемых оболочек изделия.

Для обеспечения высоких антифрикционных и износостойких свойств покрытий необходимо, чтобы наиболее твердые структурные составляющие с низким коэффициентом трения и малой склонностью к задирам находились в виде изолированных друг от друга включений, а наиболее вязкие – образовывать сплошную матрицу.

Для антифрикционных покрытий на основе сплавов цветных металлов были разработаны модификаторы [9] с функциональными слоями, обеспечивающими улучшенное взаимодействие модификатора с матричным материалом. Использование модификаторов позволяет формировать покрытия с более мелкозернистой структурой относительно покрытий без модификатора. При этом размер зерна матрицы уменьшается с увеличением концентрации модификатора в напыляемом слое. Установлено, что микротвердость покрытий увеличивается с увеличением содержания модификатора в покрытии и дисперсности структуры металлической матрицы. Для покрытия на основе бронзы ПРБрО10Ф1 рост микротвердости при уменьшении размера зерна метал-

лической матрицы в 3–5 раз составляет 1,5–2 раза; Так, применение разработанных наноструктурных модификаторов (шунгит, Al_2O_3 , BN, наноалмазы) в сочетании с проведенной оптимизацией процесса напыления позволяют получать градиентные покрытия на основе бронзы ПРБрО10Ф1 с микротвердостью от 500 до 1150 МПа.

В ходе испытаний полученных покрытий установлено, что добавки углеродных модификаторов способствуют повышению твердости покрытий и расширению нагрузочно-скоростных параметров стабильной работы в условиях сухого трения изделий с напыленными покрытиями (при удельных нагрузках 5,2–16 МПа и скоростях 0,3–1,5 м/с). При этом полученные композиционные покрытия на основе бронзы имеют коэффициент трения в 2–4 раза ниже, а износостойкость в 3–5 раз выше, чем образцы этих же покрытий без добавок наноструктурных модификаторов.

В результате проведенного анализа показана перспективность использования градиентных покрытий из цветных сплавов при изготовлении изделий триботехнического назначения, работающих в условиях сухого и граничного трения и повышенных механических нагрузках.

Используемые в покрытиях наноструктурные углеродные модификаторы (наноалмазы, шунгит) служат одновременно сухой смазкой, что обеспечивает высокие антифрикционные свойства формируемых покрытий, увеличивает межремонтный период и повышает эксплуатационную пригодность изделий с покрытием.

Литература

1. Чижик, С.А. Перспективы развития технологических комплексов аддитивного синтеза композиционных материалов и формообразования изделий / С.А.Чижик, М.Л.Хейфец, С.А.Филатов // Механика машин, механизмов и материалов. – 2014. – № 4(29). – С. 68–74.
2. Хейфец, М.Л. Формирование свойств материалов при послойном синтезе деталей / М.Л. Хейфец. – Новополоцк: ПГУ, 2001. – 156 с.
3. Русецкий, А.М. Теоретические основы проектирования технологических комплексов / А.М. Русецкий, П.А. Витязь, М.Л. Хейфец и др.; под общ. ред. А.М. Русецкого – Мн. : Беларуская навука, 2012. – 239 с.
4. Хейфец, М. Л. Моделирование процессов послойного формирования поверхностей с сопутствующей сборкой сложнопрофильных изделий / М.Л. Хейфец, С.В. Кухта, О.П. Голубев, Ж.А. Мрочек / Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2007. – № 7. – С. 11–15.
5. Хейфец, М. Л. Проектирование процессов комбинированной обработки / М.Л.Хейфец. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.
6. Гордиенко, А.И. Синергетические аспекты физико-химических методов обработки / А.И. Гордиенко, М.Л. Хейфец, Б.П. Чемисов и др. – Мн. : ФТИ; Полоцк: ПГУ. – 2000. – 172 с.
7. Хейфец, М.Л. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов / М.Л. Хейфец, Л.М. Акулович, Ж.А. Мрочек, Е.З. Зевелева. – Новополоцк: ПГУ, 2012. – 292 с.
8. Чижик, С.А. Технологические барьеры при высокоинтенсивных воздействиях в процессах послойного синтеза и обработки материалов / С.А. Чижик, М.Л. Хейфец, С.А. Филатов // Известия НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2015. – № 3. – С. 107–113.
9. Витязь, П.А. Структурные особенности градиентных композиционных покрытий на основе меди и алюминия / П.А. Витязь, В.Т. 242.
10. Сенють, В.С. Ивашко и др. // Виброволновые процессы в технологии обработки высокотехнологичных деталей: сб. науч. тр. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. – С. 91–93.

Исследования поддержаны грантом БРФФИ по проекту T18P-183

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

*Домуладжанов И.Х., Тешабаев А.М., Холмирзаев Ю.М.
Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан*

В результате различных видов деятельности человека создаются огромные количества отходов.

Химический состав отходов весьма разнообразен. Их характерной чертой является наличие широкой ассоциации накапливающихся элементов, совместное нахождение которых обусловлено не только общностью свойств, но и (в отличие от природных ассоциаций) спецификой производства и бытовой деятельности [1–4].

Для производств, связанных с первичной или вторичной переработкой материалов (металлообработка, химическая промышленность, промышленность стройматериалов, энергетика) характерна концентрация химических элементов во всех типах отходов (выбросы, стоки, твердые отходы). При этом качественный состав ассоциаций сонахождения близок. Для производств, обрабатывающих органическое сырье (пищевая, текстильная промышленность), более характерно накопление химических элементов в стоках.

Значительная часть твердых и жидких отходов утилизируется.

Наиболее полно используется лом металла, отходы пищевой, мясо-молочной промышленности, отходы бумаги, текстиля, масло- и нефте-содержащие отходы. В 1980 г. в нашей стране из отходов была произведена каждая третья тонна стали, четвертая тонна бумаги и картона, пятая тонна цветных металлов и серной кислоты.

Большая часть неутраченных отходов вывозится на свалки, в результате чего поблизости от населенных пунктов концентрируются огромные массы свалочного материала, обогащенного тяжелыми металлами. Свалки – потенциальные источники поступления металлов в подземные и поверхностные воды, в прилегающую почву. Коммунально-бытовые и произ-

водственные стоки поступают в поверхностные водные объекты или непосредственно (условно чистые стоки) или после заводских и/или городских очистных сооружений. При этом взвесь, не уловленная при локальной очистке стоков, задерживается на городских очистных сооружениях, обогащая металлами осадки, которые иногда вывозятся в качестве удобрений на сельскохозяйственные поля.

Газовые и пылегазовые выбросы от работающего оборудования (организованные и неорганизованные выбросы), от складываемых и транспортируемых отходов и сырья (как правило, неорганизованные выбросы) загрязняют воздушный бассейн.

Твердые отходы (бытовые и промышленные) образуют фиксированные скопления химических элементов – источник загрязнения почв и воды.

Виды промышленных отходов многообразны. Наиболее объемные отходы образуются на металлургических комбинатах, машиностроительных заводах, предприятиях стройиндустрии и энергетики – это шлак, зола, шлам, формовочные материалы, разнообразная уловленная пыль. Наряду с отходами, специфическими для определенных производств, на предприятиях разного профиля накапливаются большие объемы одинаковых отходов: древесины, резины, пластмассы, краски, растворителей, нефтепродуктов и др.

Отходы разнообразны по химическому составу. Некоторые из них отличаются высокими концентрациями отдельных химических элементов, в том числе токсичных.

Основными отходами в черной металлургии являются шлаки, шламы, пыль, отходы производства кокса.

Из сталеплавильных и ферросплавных шлаков, обладающих высокой нейтрализующей

способностью и содержащих в небольшом количестве необходимые растениям микроэлементы (В, Мо, Сu, Zn, Со, V и др.) и Р производят известковую муку для сельского хозяйства. Применяют шлак также в дорожном строительстве и литейном производстве.

Кроме шлаков в металлургическом процессе образуется много шламо-пылевых отходов – до 100 кг на одну тонну стали.

Особенно высокими концентрациями металлов (4–6% Zn, 1–2% Pb, а также Cr, Ni, Cd) отличается пыль электроплавильных печей. Из-за вредных примесей она не используется и является источником загрязнения окружающей среды легко вымываемыми токсичными металлами (Cd, Cr, Pb, Se).

Основные отходы цветной металлургии являются – хвосты обогащения руд, шламы, шлаки, пыль. Объем накопленных вскрышных пород в отвалах и отходах обогатительных фабрик, хвостохранилищах составлял в стране в 1980 г. 2,5 млрд т, а объемы отвальных шлаков и шламов – соответственно, 317 и 114 млн т.

Отвальные шлаки отличаются очень высокими содержаниями многих цветных металлов. Использование шлаков в отрасли не превышает 15%.

Ежегодно в цветной металлургии улавливается и обезвреживается около 30 млн т пыли и газообразных вредных веществ. В зависимости от профиля производства пыль содержит Cu, Pb, Zn, Ni, Sn, As, Bi, Cd и другие элементы.

Места хранения не утилизируемых отходов предприятий отрасли часто не имеют хорошей изоляции и являются мощным потенциальным источником поступления токсичных химических элементов в окружающую среду.

Наиболее объемные виды твердых отходов приходятся на литейные цехи машиностроительных заводов. При плавке алюминия с большим количеством флюса образуется шлак, дробимая часть которого содержит от 4 до 42% алюминия в металлических включениях, количество которых составляет несколько процентов. Шлаки алюминия частично перерабатываются на заводах вторичных металлов. Переработка магниевых шлаков в отечественной промышленности пока не производится.

Объемными отходами литейных цехов являются использованные формовочные материалы и, в первую очередь, горелая земля. Основой формовочных материалов является кремнезем (кварцевый песок) и алюмосиликаты (глина).

При заливке металлов происходит небольшое обогащение формовочных материалов некоторыми химическими элементами, но существенного их концентрирования не происходит.

С процессами химического травления и гальванического покрытия металлических поверхностей связано образование на заводах накопления больших количеств одного из наиболее токсичных видов отходов – осадков физико-химической очистки стоков.

В осадках большинства из них обнаружены очень высокие концентрации Cu, Zn, Cd, Ni, Cr, Sn, реже встречаются Pb, Ag, Bi.

В осадках химического и нефтехимического машиностроения наблюдаются очень высокие уровни содержания металлов: автомобилестроение – Zn (2,3%), Pb (1,2%); приборостроение – Sn (2,1%), Cu (1,9%), Pb (1,4%), Bi (0,09%); электротехническое машиностроение – Cu (7,2%); Zn (5,6%), Ni (3,3%), Cd (2,6%); машиностроение для легкой промышленности – Cr (3,7%), Pb (2,2%); химическое и нефтехимическое машиностроение – Cu (4,6%), Cr (3,8%), Sn (3,3%), Ag (0,0017%).

В отходах химической промышленности в больших объемах накапливаются: фосфогипс, пиритные огарки, галитовые отходы, железный купорос и др. В настоящее время налажена частичная утилизация только фосфогипса и пиритных огарков.

Разнообразные отходы текстиля, пластмасс, кожи, бумаги, шлама, и других материалов накапливаются на предприятиях легкой промышленности. Большая их часть используется. Частично утилизируются и отходы от обработки кожи, но в основном они вывозятся на свалки.

Производство строительных материалов связано с переработкой огромных объемов природных (известняк, глина, песок, гранит и др.) и искусственных (пластмассы и др.) материалов. Большая часть отходов предприятий, выпускающих строительные материалы (уловленная пыль, брак и бой изделий и др.), возвращается в производство, остальные отходы вывозят на свалки, используют при планировке территорий.

Накоплением громадных масс твердых отходов сопровождается работа теплоэлектростанций на твердом топливе – угле, горючем сланце, торфе. Основным топливом служит уголь, которого ежегодно сжигается около 5 млрд т. Доля в топливном балансе других видов твердого топлива невелика.

Зольность ископаемых углей 4,0–4,5%, горючих сланцев – до 50%, торфа – 6–10%. Состав

зола твердых топлив меняется в широких пределах (в %): SiO_2 30–60, Al_2O_3 18–39, Fe_2O_3 5–21, CaO 1–40, MgO 0,6–7, K_2O 0,2–3,8, Na_2O 0,02–2,3. Кроме макроэлементов в золе присутствуют в меньших количествах многие химические элементы. Зола ископаемых углей обогащена по сравнению с земной корой В, Мо, As, Ge, Be, Pb, Zn, Sn, W.

Отходы, образующиеся в населенных пунктах в процессе коммунально-бытовой деятельности, сопоставимы по объему с промышленными отходами. Коммунально-бытовые отходы включают городской мусор (твердые бытовые отходы), осадки городских очистных сооружений и очистных сооружений поверхностного стока.

Количество твердых бытовых отходов на душу населения составляет в городах 0,15–0,3 т/год и продолжает увеличиваться в связи с усилением процесса урбанизации и расширением производства товаров потребления.

Около 98% ТБО вывозится на свалки. Большую и хорошо известную специалистам проблему представляет фосфогипс. В настоящее время разработано множество вариантов его применения в сельском хозяйстве для улучшения кислых (в композиции с известковыми материалами и органическими удобрениями) и щелочных (солонцовых) почв.

Исследование состава двух разновидностей фосфогипса, характеризующих предприятия, перерабатывающие апатитовое и фосфоритовое сырье, показывает близость их состава. Прогнозные расчеты показывают, что при внесении 60 т/га фосфогипса, содержание Sr может превысить верхний безопасный предел (600 мг/кг). Остальные элементы практически не могут быть оценены, так как их биогеохимия и экологическая значимость не изучена.

Большинство химических элементов присутствует в горных породах в сульфидных формах. В условиях дневной поверхности они начинают испытывать активное воздействие агентов химического и микробиологического выветривания. Во многих случаях содержания сульфидов в отходах (особенно, в хвостах) превышают 10–20% при содержании металлов (Pb, Zn, Cu), в десятки и сотни раз выше фоновых. Выщелачивание химических элементов в хвостохранилищах интенсифицируется также кислотными остатками флотоагентов, поступающих вместе со сбросными водами.

Изучение на месторождениях поведения химических элементов в естественных корах вы-

ветривания позволяет дать прогноз их поведения в отвалах. Для пород кремнистого состава при выветривании часто наблюдается резкая дифференциация в поведении химических элементов. Многие элементы очень подвижны и энергично выносятся (Zn, Co, Cu, Cd, Se – почти всегда; Pb и As – часто, особенно при обилии пирита). Другие элементы (в частности, Mo, Ag, Ba) накапливаются чаще всего с гидроксидами Fe.

Посмотрим на примере одного реконструируемого объекта в Ферганской области как образуются у них отходы [5]. Школа реконструируется для обучения учащихся на 465 человек, число учителей – 40 человек и вспомогательного персонала составляет – 17 человек, всего – 522 человека.

Согласно адресной программы хокима Ферганской области и хокимията Учкуприкского района, реконструируемая школа №45, находится в селе «Мамачол» Сельский сход граждан (СГГ) «Сарикургон» Учкуприкского района Ферганской области», в местности, с наличием зеленых насаждений.

Будет строиться учебный корпус на 120 учебных мест, спортзал на $12 \times 24 \text{ м}^2$ со всеми вспомогательными помещениями, реконструироваться стадион. Обучение будет осуществляться в 1 смену, то есть это дневное образование, с кружками и самостоятельной работой учащихся после занятий.

Отходами на данном объекте будут: – сбор отработанных люминесцентных ламп, их всего будет установлено в помещениях – 2500 шт., наряду с ними устанавливаются и лампы АКФА – энергосберегающие. Сгоревших газоразрядных ламп на объекте будет получаться в количестве 6 штук. И использованные лампы будут складироваться в специальные ящики в отдельном помещении. При накоплении их в достаточном количестве будут вывозиться для утилизации в ПО «Фартозахаво» при Областном управлении по экологии и охране окружающей среды согласно договора (в год лампочки работают $2500 \times 12 = 30000$ часов/год, ресурс работы ламп составляет 5000 часов, согласно сертификата, следовательно, сгоревших ламп будет $30000/5000 = 6$ шт.). Энергосберегающие лампы АКФА имеют срок службы с гарантией до 2 лет; – твердые бытовые отходы на одного человека в учебных заведениях берется среднегодовая – 50 кг. Получается $522 \times 50 = 26100$ кг/год, = 26,1 т/год; – отходы от столовой (пищевые и кухонные отходы 66 кг/год на 1 человека) – $50 \times 66 = 3300$ кг/год = 3,3 т/год; – отходы от смета дорожных покрытий (на 1 м²

берется 0,02 т/год), при площади твердых покрытий в школе, они составят – $1995 \times 0,02 = 39,9$ т/год; – арычный ил (5% от годового накопления смета) – $39,9 \times 5\% / 100 = 2$ т/год; – жидкие отходы (на 1 человека) – 2,4 м³/год, $522 \times 2,4 = 1252,8$ м³/год = 1,253 тыс.м³/год.

Все вышеназванные отходы нетоксичны. Кроме газоразрядных ламп.

Строительный мусор, образуется при сломе здания и строительных работах, должен удаляться с готового объекта по мере появления, чтобы не мешал строительству и загоразивал дорогу. Удаление строительного мусора предусмотрено в сметной документации. В строительный мусор входит, сырой кирпич, древесные опилки, выкрошенная штукатурка, битое стекло, банки из под краски, высохшая штукатурка, затвердевший алебастр, цемент, песок, картон, облицовочная бумага, пластмасса и т.п. материал. По мере накопления этот мусор вывозится согласно, заклю-

ченных договоров между строительной организацией и какой ни будь частной фирмой. Перед пуском объекта никакого строительного мусора не остается, его вывозят за пределы строительной площадки.

При сносе старых зданий, получают отходы: сырого кирпича, который будет продан жителям, для использования в качестве кирпича для строительства или в качестве удобрения. Древесные отходы будут пущены опять на строительство или также реализованы населению, для использования в качестве топлива. Твердые бытовые отходы будут складироваться в специальную тару и вывозиться за пределы на свалку. Отходы от смета дорожных покрытий и арычного ила, будут вывозиться на свалку. Отходы, полученные в столовой, забираются для кормления домашних животных. Жидкие отходы из выгребной ямы будут вывозиться по мере надобности на специальных автомобилях согласно, договоров со спецслужбами.

Литература

1. Саэт, Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990.
2. Мелешкин, М.Т. Промышленные отходы и окружающая среда / М.Т. Мелешкин, В.Н. Степанов. – К.: Наук. Думка, 1980.
3. СанПиН №0057-96. Оценки степени загрязнения почвы разных типов землепользования. – Ташкент, 1996.
4. СанПиН №0055-96. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) экзогенных вредных веществ в почве. – Ташкент, 1996.
5. Проект Заявления о воздействии на окружающую среду (ЗВОС) «Реконструкции школы №45 в селе Мамачол ССГ «Сарикургон» Учкуприкского Района Ферганской области (капремонт учебного корпуса на 240 мест, пристройка учебного корпуса на 120 мест и спортзала (12×24)». – Фергана, 2017. – 23 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Махмудов С.Ю., Дадакузиев М.Р., Домуладжанов И.Х.
Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан*

Политика экологической безопасности Республики Узбекистан проводится на основе Конституции, законодательства, Концепции национальной безопасности Республики Узбекистан, принципов Рио-де-Жанейрской и Йоханнесбургской Деклараций по окружающей среде и устойчивому развитию, с учетом обязательств республики, вытекающих из международных конвенций и соглашений, а также законодательного опыта ведущих государств.

Узбекистан, как и все страны на постсоветском пространстве, унаследовал экономику с энерго- и материалоемким производством, устаревшие и загрязняющие окружающую среду оборудование и технологии. В условиях перехода от административно-командной к рыночной экономике задачей первостепенной важности стало оптимальное сочетание макроэкономического планирования с природоохранной политикой и ее интеграция с политикой в социальной и других сферах. Экологическая политика республики направлена на осуществление перехода от защиты отдельных элементов природы к всеобщей защите экосистем, гарантированию оптимальных параметров жизненной среды обитания человека.

Стратегической экологической цели является обеспечение планомерного снижения воздействия от результатов деятельности экспериментальной, производственно-технологической базы и инженерной инфраструктуры на окружающую среду, повышение благосостояния и улучшение здоровья персонала и населения.

Основы экологической политики – определяют цель, основные принципы и обязательства в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Включает в себя: эксплуатацию ядерной, радиационной и пожароопасных объектов; применение ядерных, радиоактивных и токсических материалов при проведении НИОКР, в производстве и в других сферах деятельности; эксплуатацию объектов инженерной инфраструктуры.

Реализация такой экологической политики должна стать одним из условий устойчивого развития народнохозяйственного комплекса и общества в целом.

Экономика Узбекистана давно нуждается в росте производства электроэнергии. Производя 52 миллиарда киловатт в час, она практически столько же и потребляет – избыточных мощностей электроэнергии в Узбекистане нет. При этом 83,8% электроэнергии производят тепловые электростанции, из их порядка 75% на газе, то есть электроэнергетика крайне зависит от газа и его стоимости. Кроме того, есть проблема с нефтью – в 2015 году объем добычи упал в два раза по сравнению с 2000 годом, нефти в целом хватит всего на 10–15 лет. Поэтому нефтепродукты стараются заменить газом.

Из общего объема газа 19–20% идет на электроэнергетику, 24% идет населению, экспорт составляет 20%, собственные нужды нефтегазовой промышленности 19% и 11% уходят на нужды промышленности. Учитывая, что нужно наращивать экспорт газа, урезаются нужды населения, что не прибавляет экономике роста. Таким образом, Узбекистан находится в проблемном положении с энергобалансом, и строительство АЭС поможет решить эту проблему.

Сдерживает развитие ядерной энергетики Узбекистана еще и важный аспект региональной политики. Исторически республики Средней Азии были связаны между собой нитями взаимной зависимости. Эту систему выстраивала сначала Российская Империя, а затем и СССР, осуществлявшие политический контроль через выстроенные в регионе сдержки и противовесы. К примеру, водная инфраструктура была завязана исключительно на Кыргызстане и Таджикистане, двух горных республиках, которые в силу более выгодного географического положения (они контролируют верховья рек региона) распоряжались водными артериями государств «низовья», в число которых входят Узбекистан и Казахстан.

К слову, зависимость эта актуальна до сих пор – не даром ведь власти Душанбе и Бишкека время от времени заявляют о готовности к строительству крупных ГЭС, что сделает республики энергетическими лидерами региона. Понятно при этом, что вопросы строительства гидроэлектростанций, очевидно, лежат в плоскости политики: тот же Бишкек, регулируя количество воды в реках Талас и Чу, создал уникальный инструмент давления на Казахстан. К примеру, когда Астана перекрыла после апрельской революции в Кыргызстане границу между двумя государствами, Бишкек отреагировал на это, перекрыв воду. Лидеры Казахстана и Узбекистана были вынуждены даже объединиться по вопросам регулирования трансграничных рек.

Однако ситуация осложняется тем, что позиция Кыргызстана и Таджикистана отчасти поддерживается западными партнерами республик. Обе страны находятся в зоне интересов США в связи с войной в Афганистане и рассматриваются, как основные поставщики в рамках создаваемых линий ЛЭП CASA-1000. Этот проект, активно лоббируемый США и разработанный в Канаде, актуализирует повестку сотрудничества Средней и Южной Азии. В ее рамках предполагаются регулярные поставки избыточной электроэнергии из Кыргызстана и Таджикистана в Афганистан и Пакистан. Любопытно, что этот контекст делает водно-энергетическое противостояние в регионе неизбежным, поскольку очень четко разделяет государства региона по водным интересам. Он означает, что Кыргызстан и Таджикистан будут продолжать стремиться построить крупные энергетические объекты, а Узбекистан и Казахстан – максимально противодействовать этой работе.

Одним из компонентов этого противодействия можно считать проекты строительства АЭС. Таковые, к слову, есть и у Казахстана (республика намерена построить АЭС в Курчатове) и теперь у Узбекистана. Понятно, что строительство атомной электростанции полностью изменит расклад сил в регионе, сделав водное противостояние не таким острым, а энергетическое – сведя к нулю. По некоторым данным, строительство АЭС фактически нивелирует роль Таджикистана и Кыргызстана в качестве энергетических лидеров: атомная электроэнергия традиционно дешевле гидроэлектроэнергии.

Немаловажным в этой связи представляется и сырьевой аспект. Узбекистан и Казахстан – традиционные поставщики урана на мировом рынке, более того, они контролируют в совокуп-

ности более 40% уранового рынка планеты. В большей степени это касается Казахстана, однако и Узбекистан не является карликом в этой отрасли – он занимает седьмое место среди добывающих государств и имеет неплохие перспективы к росту добычи. В этом смысле нет ничего удивительного в том, что Ташкент пришел к осознанию необходимости корректировки своей энергетической политики, возведение АЭС станет всего лишь делом времени.

Есть один тонкий политический нюанс: касается он технологической стороны строительства АЭС.

Чьи технологии будет использовать Узбекистан, и, кто будет финансировать подобный проект? Однако, в целом, за последние годы Узбекистан значительно расширил связи с Китаем в сфере ядерной энергетики. Так, в конце мая Навоийский горнометаллургический комбинат подписал с Гуандунской ядерно-энергетической корпорацией (CGNPC) соглашение на поставку урана стоимостью \$800 миллионов.

К слову, в целом планы Пекина актуальны в сфере ядерной энергетики. По данным с 2012 года, в Китае действуют 14 реакторов, еще 27 находятся на стадии строительства, а к 2030 году планируется ввести в эксплуатацию еще 50 реакторов. Понятно, что «срединная империя» будет стремиться расширять сотрудничество с таким потенциально крупным рынком урана, как Узбекистан.

Напомним что такое АЭС. Атомная электростанция (АЭС) – электростанция, в которой атомная (ядерная) энергия преобразуется в электрическую. Генератором энергии на АЭС является атомный реактор. Тепло, которое выделяется в реакторе в результате цепной реакции деления ядер некоторых тяжелых элементов, затем так же, как и на обычных тепловых электростанциях (ТЭС), преобразуется в электроэнергию. В отличие от ТЭС, работающих на органическом топливе, АЭС работает на ядерном горючем (в основе ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu). Установлено, что мировые энергетические ресурсы ядерного горючего (уран, плутоний и др.) существенно превышают энергоресурсы природных запасов органического топлива (нефть, уголь, природный газ и др.). Это открывает широкие перспективы для удовлетворения быстро растущих потребностей в топливе. Кроме того, необходимо учитывать все увеличивающийся объем потребления угля и нефти для технологических целей мировой химической промышленности, которая становится серьезным конкурентом тепловых электростанций.

Несмотря на открытие новых месторождений органического топлива и совершенствование способов его добычи, в мире наблюдается тенденция к относительному, увеличению его стоимости. Это создает наиболее тяжелые условия для стран, имеющих ограниченные запасы топлива органического происхождения. Очевидна необходимость быстрее развития атомной энергетики, которая уже занимает заметное место в энергетическом балансе ряда промышленных стран мира [1–3].

Первая в мире АЭС опытно-промышленного назначения мощностью 5 МВт была пущена в СССР 27 июня 1954 г. в г. Обнинске. До этого энергия атомного ядра использовалась в военных целях. Пуск первой АЭС ознаменовал открытие нового направления в энергетике, получившего признание на 1-й Международной научно-технической конференции по мирному использованию атомной энергии (август 1955, Женева). АЭС с ядерным реактором работает следующим образом, реактор имеет водяное охлаждение, тепло, выделяется в активной зоне реактора, теплоносителем, вбирается водой (теплоносителем 1-го контура), которая прокачивается через реактор циркуляционным насосом. Нагретая вода, из реактора поступив в теплообменник (парогенератор), передает тепло, полученное в реакторе 2-го контура. Вода 2-го контура испаряется в парогенераторе, и образованный пар поступает в турбину.

Наиболее часто на АЭС применяют 4 типа реакторов на тепловых нейтронах. В России строят главным образом графито-водные и водо-водяные реакторы. На АЭС США наибольшее распространение получили водо-водяные реакторы. Графито-газовые реакторы применяются в Англии. В атомной энергетике Канады преобладают АЭС с тяжеловодными реакторами.

Узбекистан планирует строительство Атомной электростанции, об этом сообщила пресс-служба государственно-акционерной компании



Рис. 1. Макет будущей АЭС ТАШКЕНТ

«Узбекэнерго». В Узбекистане показали проект будущей АЭС ТАШКЕНТ (рис. 1), 9 октября – Sputnik. В Ташкенте продемонстрировали проект будущей АЭС, которая будет построена в ближайшие годы в республике, сообщает корреспондент Sputnik Узбекистан [4].

Макет продемонстрировали в рамках проводимой в узбекской столице 9–11 октября совместного семинара для специалистов Узбекистана Госкорпорации «Росатом» и миссии Международного агентства атомной энергетики (МАГАТЭ).

В начале сентября глава Российского кабинета Дмитрий Медведев и глава правительства Узбекистана Абдулла Арипов подписали соглашение о сотрудничестве в строительстве на территории республики АЭС. «Росатом» планирует построить комплекс из двух энергоблоков поколения «3+» с реакторными установками ВВЭР-1200. Для строительства АЭС предложена площадка в районе озера Тудакуль на границе Бухарской и Навоийской областей республики. По предварительным расчетам, АЭС будет вырабатывать до 20% действующих сегодня генерирующих мощностей в Узбекистане.

Ранее президент Узбекистана Шавкат Мирзиёев на заседании правительства назвал строительство АЭС в стране революционным решением, для реализации которого потребуется 8–10 лет.

Литература

1. Источники энергии. Факты, проблемы, решения. – М.: Наука и техника, 1997. – 110 с.
2. Кириллин, В.А. Энергетика. Главные проблемы: в вопросах и ответах / В.А. Кириллин. – М.: Знание, 1997. – 128 с.
3. Энергетические ресурсы мира / Под ред. П.С.Непорожнего, В.И. Попкова. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 232 с.
4. <http://www.ca-news.org/news:1118119>; <http://www.ca-news.org/news:1118119>.

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ МЕТАЛЛОПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА ДЛЯ СВАРКИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ МАРКИ ТМВ-МК5 Ø1,6–1,0 ММ

Орлов Л.Н., Голякевич А.А. ООО «ТМ.ВЕЛТЕК», Киев, Украина

В настоящее время, в странах Евросоюза, особенно Польше, Чехии, Словакии, Германии наблюдается существенный подъем производства различных металлоконструкций. Это привело к серьезному увеличению объема сварочных работ. Что, в свою очередь, повлекло за собой дефицит высококвалифицированных сварщиков на рынке труда.

Одной из основных тенденций при изготовлении современных металлоконструкций является расширение применения сталей с повышенной прочностью. Это позволяет облегчить металлоконструкции, повысить их надежность, снизить расход основного металла. Соответственно, при сварке таких металлоконструкций более жесткие требования предъявляются к сварочным материалам, которые должны обеспечивать повышенные механические свойства металла шва, высокую стойкость металла к образованию трещин и т.д.

Важнейшим решением этой комплексной задачи является разработка и применение высокопроизводительных сварочных материалов с высокими сварочно-технологическими свойствами и обеспечивающих надежность сварных швов металлоконструкции.

В последние годы одним из наиболее эффективных направлений для сварки конструкционных сталей является применение металлопорошковых проволок малого диаметра [2, 3, 6, 7]. Металлопорошковые проволоки имеют очень малую долю флюсовых добавок (до 1%) и в процессе сварки не оставляют на поверхности шва шлаковой корки.

Учитывая тенденции развития механизированной сварки ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» разработало и освоило производство нового поколения высокопроизводительных металлопорошковых прово-

лок малого диаметра для сварки и наплавки. Для сварки металлоконструкций предлагается металлопорошковая проволока ТМВ-МК5 диаметром 1,0–1,6 мм, использование которой позволяет:

благодаря более высокой плотности тока при сварке, за счет оптимального сочетания трубчатая оболочка – металлический сердечник, существенно увеличить производительность сварки по сравнению с процессом MAG [4, 6];

введением в сердечник проволоки деоксидантов и фторидов обеспечить более высокую по сравнению с MAG устойчивость к образованию пористости при сварке по металлу со следами ржавчины, грунтовок, смазки, а также снизить склонность металла сварных швов к трещинообразованию, что обеспечивается снижением содержания диффузионного водорода в металле шва [6];

использование в сердечнике стабилизирующих добавок в сочетании с оптимальным соотношением трубчатая оболочка – металлический сердечник позволяет:

– проводить сварку с минимальным уровнем разбрызгивания, что во многих случаях позволяет практически полностью исключить зачистку сварных швов, а это в свою очередь может снижать основное время сварки до 40% [1];

– получать более благоприятную конфигурацию сварного шва;

– обеспечить низкую склонность к недостаточному проплавлению и наплывам, которые особенно характерны при сварке проволокой сплошного сечения металла большой толщины;

– за счет хорошо видимой и удобной в работе дуге, в определенных случаях снизить уровень требований к качеству подготовки, подгонки сварных соединений и использовать сварщиков более низкой квалификации;

– благодаря отсутствию шлака, минимальному уровню разбрызгивания и высокой скорости сварки широко использовать проволоку для роботизированной сварки;

– снизить при сварке расход защитной среды, в частности M21(80 % Ar + 20 % CO₂), в сравнении с процессом MAG до 20 % [3].

– благодаря возможности введения в состав сердечника проволоки микролегирующих и модифицирующих добавок [2] обеспечивает значительно более высокие показатели механических свойств наплавленного металла в сравнении с металлом, наплавленным сплошной проволокой Св08Г2С, см. табл. 1.

Табл. 1

Механические свойства металла, наплавленного проволоками ТМВ-МК5 и Св08Г2С в защитной смеси M21 (80% Ar + 20% CO₂)

Марка проволоки	Диаметр, мм	σв, МПа	σт, МПа	δ, %	KCV, Дж/см ² при -20 °С
ТМВ-МК5	1,2	590	450	26	120
Св08Г2С [5]	1,2	510	400	22	43

Выводы.

1. Экономическую эффективность процесса сварки металлпорошковой проволоки в сравнении с процессом MAG целесообразно рассчитывать для конкретных условий производства сварных металлоконструкций.

2. При более высокой стоимости, на 20-30% выше, чем сплошная проволока Св08Г2С, главное преимущество металлпорошковой проволоки ТМВ-МК5 – возможность изготовить в 1,3-1,5 раз больше готовой продукции более высокого качества, а также получить экономию за счет уменьшения расхода защитного газа, затрат времени на изготовление 1 метра сварного шва,

зачистку металлоконструкций после сварки, исправления дефектов сварки, т.е. более эффективного использования квалифицированного сварщика.

3. Применение металлпорошковой проволоки, особенно диаметром 1,6 мм, более эффективно использовать при роботизированной сварке.

4. Использование металлпорошковой проволоки ТМВ-МК5 (в определенных ситуациях) в технологическом процессе сварки металлоконструкций позволяет использовать менее квалифицированный персонал, что особо актуально в условиях острого дефицита высококвалифицированных сварщиков.

Литература

- Ильященко, Д.П. Определение потерь на разбрызгивание металла при использовании различных источников питания. Мир сварки / Д.П. Ильященко, Е.А. Зернин // Техническая библиотека. – www.weldworld.ru.
- Карасев, М.В. Сварка стыковых швов мостовых конструкций и трубопроводов порошковой проволокой с использованием оборудования для управления переносом металла / М.В. Карасев, А.Н. Алимов, В.Г. Гребенчук и др. // Автоматическая сварка. – 2008. – № 10. – С. 48–52.
- Алимов, А.Н. Механизированная сварка порошковой проволокой – путь повышения эффективности изготовления сварных конструкций / А.Н. Алимов // Сварщик. – 2002. – № 5(27). – С. 42–45.
- Розерт, Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях / Р. Розерт // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6/7. – С. 60–64.
- Св08Г2С – омедненная сварочная проволока производства ESAB в России. – http://acar.pro/images/docs/listovka_sv-08g2s.pdf.
- Металлопорошковая проволока OUTERHILD – Lincoln Electric.– www.lincolnelectric.com/ru-ru/support/process-and-theory/.../metal-cored-wires.aspx.
- Проволока порошковая ESAB FILARC PZ6102. – <https://www.ventsvar.ru/catalog/esab-filarc-pz6102.html?pid=13579>.

ТЕНДЕНЦИИ В ШЛИФОВАНИИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Рябченко С.В. Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев

Ларшин В.П. Одесский национальный политехнический университет,

Лищенко Н.В. Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса, Украина

Для повышения точности и надежности изготовления таких деталей машиностроения, как зубчатые колеса находят широкое применение шлифование эвольвентного профиля зубьев. Зубошлифование является одним из основных способов финишной обработки закаленных зубчатых колес. Шлифованием обеспечивается 3–6 степень точности зубчатых колес и шероховатость поверхности Ra 0,20–1,2.

Шлифование зубчатых колес производится методом обката с непрерывным или периодическим делением и методом копирования с периодическим делением.

Метод копирования основан на воспроизведении рабочей поверхностью шлифовального круга впадины зубьев шлифуемого колеса. Фасонная форма рабочих поверхностей круга образуется в процессе правки.

Метод обката основан на зацеплении обрабатываемого колеса с зубом рейки, воспроизводимой поверхностями шлифовального круга. Наибольшей производительностью обладает метод непрерывного шлифования абразивным червяком. Образование профиля и правку витка абразивного червяка выполняют алмазными резцами или алмазными роликами.

Шлифование зубьев методом обката с периодическим делением осуществляется различными типами абразивных кругов. Одним конусным кругом, одним плоским кругом или двумя тарельчатыми кругами. Зубошлифование методом обката осуществляется двумя тарельчатыми кругами, которые могут занимать различные положения относительно обрабатываемого колеса, а именно, параллельно между собой на расстоянии, равном длине общей нормали обрабатываемого колеса (0-градусный метод шлифования) или под различными углами (как правило, 15 или 20°).

Самая высокая производительность достигается при непрерывном шлифовании методом обката абразивным червяком, самая низкая – при шлифовании тарельчатыми кругами, шлифование профильным кругом и коническим кругом занимают промежуточное значение.

При шлифовании методом обката с периодическим делением

двумя тарельчатыми кругами (на станках типа «Maag») обеспечивается точность колес, начиная с 3 степени. Методы непрерывного шлифования червячным кругом (станки «Reishauer») и обката с периодическим делением коническим шлифовальным кругом (станки «Niles») уступают по точности шлифованию зубчатых колес двумя тарельчатыми кругами.

Шлифование зубчатых колес методом копирования позволяет получить высокую точность обработки, сопоставимую с зубошлифованием двумя тарельчатыми кругами и более высокую производительность обработки. Эти преимущества делают метод профильного шлифования зубчатых колес более привлекательным по сравнению с другими методами зубошлифования.

Для качественного и производительного шлифования зубчатых колес большую роль играет выбор соответствующих абразивных кругов. При выборе абразивных инструментов важная роль принадлежит абразивным материалам и связкам шлифовальных кругов.

В последнее время появились эффективные рецептуры и технологии изготовления высокопористого абразивного инструмента, изготавливаемого из современных монокристаллических электрокорундов. Особенно эти технологии проявляются в процессах зубошлифования, которые оказывают непосредственное влияние на формирование качества поверхности и поверхностного

слоя зубьев. Отсутствие результатов испытаний таких кругов сдерживает их широкое внедрение в производственную практику на зубошлифовальных станках с ЧПУ, поскольку нет методик по выбору режимов зубошлифования и правки высокопористых кругов.

Для более широкого исследования процесса зубошлифования нами были проведены испытания высокопористых кругов при шлифовании зубчатых колес из монокристаллического электрокорунда производства фирмы «BEST-BUSINESS a.s.» (Чехия) размером $400 \times 32 \times 127$ и характеристикой 3SG46Hs12VS. Шлифование зубчатых колес производилось на зубошлифовальном станке с ЧПУ мод. HÖFLER RAPID 1250.

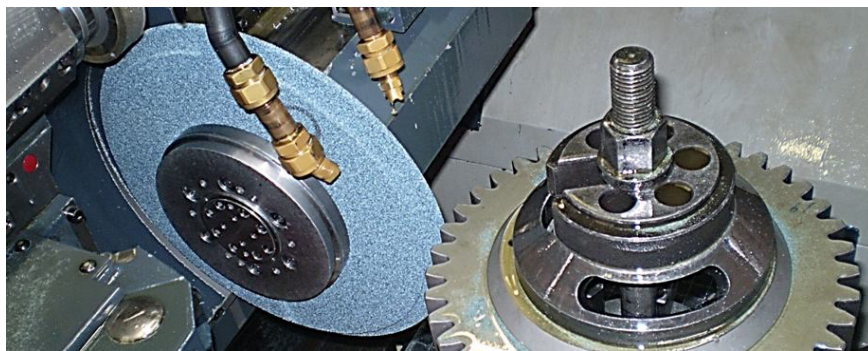


Рис. 1. Установка шлифовальных кругов 3SG46Hs12VS на зубошлифовальном станке с ЧПУ HÖFLER RAPID 1250

Испытание высокопористого шлифовального круга из монокристаллического электрокорунда (3SG46Hs12VS) производили в сравнении с шлифовальным кругом из белого корунда (25A46L6V производитель ВАЗ).

При испытаниях фиксировали мощность зубошлифования и точность обработанных зубчатых колес.

Испытания монокристаллического круга проводили при шлифовании двух зубчатых колес одного и того же типоразмера. Наружный диаметр $d_a = 233,4$ мм; число зубьев $z = 29$; модуль $m = 7$; угол наклона зубьев $\beta = -18^\circ$; смещение $x = 0,545$; ширина венца $B = 60$ мм. Припуск на обработку

$t = 0,510$ мм. Число этапов обработки – 3 (черновой, получистовой, чистовой).

Результаты замера мощности зубошлифования обычным кругом 25A46L6V и монокристаллическим кругом 3SG46Hs12VS показали значительное снижение мощности шлифования с 1800 Вт (обычный круг) до 560 Вт (монокристаллический круг). Для чистового шлифования (этап 3) изменение мощности составляло с 1300 Вт (обычный круг) до 400 Вт (монокристаллический круг).

Результаты измерений параметров точности зубчатых колес показали повышение точности обработки, например, по параметрам профиля зуба F_α – с 4,0 мкм (обычный круг) до 3,5 мкм (монокристаллический круг), а по параметрам линии зуба F_β – с 8,5 мкм (обычный круг) до 5,0 мкм (монокристаллический круг).

Выводы

1. Мощность шлифования на этапе 2 на 30,9 % ниже у монокристаллического круга 3SG46Hs12VS по сравнению с обычным кругом 25A46L6V (ВАЗ). Мощность шлифования на этапе 3 у монокристаллического круга на 72,5 % ниже.

2. По результатам окончательного контроля погрешности профиля и линии зуба преимущество в целом после шлифования у монокристаллического круга. Индивидуальная погрешность шага f_p , накопленная погрешность шага F_p по левой и правой сторонам впадин и радиальное биение F_r более, чем в 3 ниже после шлифования монокристаллического кругом по сравнению с обычным кругом ВАЗ.

3. Шлифовальные круги из монокристаллического корунда 3SG46Hs12VS можно рекомендовать для обработки зубчатых колес, так как они обеспечивают уменьшение мощности зубошлифования и лучшие показатели по точности обработки.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ УЗЛОВ ТРЕНИЯ НА ЭТАПАХ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Сорокин С.В.

Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

Работа машин и агрегатов современной техники происходит с возрастающими скоростями и нагрузками, при высоких и низких температурах, в агрессивных средах и вакууме. Повышаются требования к надежности и долговечности наряду со стремлением к упрощению и удешевлению разрабатываемых конструкций, к технологичности вырабатываемых продуктов.

Вследствие недостаточно обоснованного выбора материалов для деталей пар трения скольжения сроки службы машин и агрегатов уменьшаются, возрастает количество ремонтных работ, и, как следствие, снижается производительность из-за дополнительных простоев оборудования. От выбранного материала зависит конструктивное оформление узла трения. Конструкции деталей разрабатываются исходя из свойств материалов таким образом, чтобы наиболее полно использовать низкий коэффициент трения и высокую износостойкость материала, при этом сведя до минимума или полностью устранив вредное влияние отрицательных характеристик материала (физико-механических свойств: недостаточная прочность, хрупкость, низкая теплопроводность, нестабильность размеров во времени и геометрических параметров качества трущихся поверхностей).

Таким образом, выбор конкретного материала деталей пары трения осуществляется в условиях наличия многих критериев, при этом для ряда критериев характерна неполнота и неточность информации, необходимой для оценивания, вследствие чего подобного типа задачи обычно решаются проектировщиком на интуитивном уровне, с использованием эвристических подходов, а зачастую методом проб и ошибок.

При сборке и эксплуатации размерные связи не остаются постоянными [1, 2]. На машину бу-

дут воздействовать внешние и внутренние факторы, которые приводят к снижению надежности. Такие воздействия необходимо учитывать для комплексного обеспечения точности пар трения-скольжения, поэтому для размерных цепей необходимо выделить еще одну группу размеров – эксплуатационные размеры. Они описывают дополнительные размерные связи, возникающие при эксплуатации изделия. Включение эксплуатационных размеров в конструкторские размерные цепи позволяет обеспечивать требуемую точность функциональных параметров в течение заданной долговечности изделия.

Разработка и применение средств программной поддержки решения таких задач, ключевую роль в которой играет определение критериев выбора и построение соответствующих математических моделей, учитывающих структуру и специфику исходной информации, позволит проектировщику более детально и последовательно отразить и формализовать свои предпочтения, заранее оценить и проанализировать последствия выбора каждого решения, исключить недопустимые варианты и выделить наиболее удачные решения, вследствие чего сократить сроки проектирования, повысить научную и инженерную обоснованность и снизить субъективный фактор принимаемых решений.

В качестве основных критериев выбора должны использоваться контактная прочность (несущая способность) и износостойкость. Задачи определения требуемых параметров теплостойкости, сопротивляемости агрессивным средам, оптимальной стоимости не представляют научных и технических проблем.

В результате создаются предпосылки реализации нового принципа проектирования – тех-

нологического обеспечения требуемых эксплуатационных показателей высокотехнологичных сборочных узлов и их надежности при одновременном проектировании технологии механической обработки с уточнением параметров сборки. Такой подход к этапам проектирования для обеспечения точности конструкций предполагает управление точностью непосредственно элементами разрабатываемых технологических процессов изготовления и сборки. Такое проектирование актуально при любом типе производства и любой сложности технического проекта. Наибольший эффект, как показывает опыт внедрения автоматизированных подсистем, обеспечивается при непрерывной компьютерной поддержки основных этапов жизненного цикла (CALS-технологии) [1, 2].

Для расчета величины износа и температурного режима известны зависимости [1]. При выборе материала по условию теплостойкости нередко пользуются упрощенным критерием – характеристикой $[pv]$, где v – окружная скорость вала, но этот критерий весьма серьезно критикуется [3]. При увеличении нагрузки на поверхность контакта давление на единичном пятне существенно не изменяется, а увеличивается число пятен контакта, так как условие «нагруженности» на одном пятне контакта сохраняются. В условиях же работы подшипников скольжения со смазкой конечным мерилем тепловой напряженности является температура масляного слоя, а тепловыделение зависит от ряда конструктивных параметров (длина контакта, диаметр) и коэффициента трения, что не учитывается приведенным критерием.

Предлагается для выбора материала вкладывшей по характеристикам износостойкости и теплостойкости использовать единый критерий – это минимальное значение работы трения (W_{\min}).

Работа трения определяется следующим выражением

$$W = fPL, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения; P – нагрузка; L – путь трения.

Если выразить нагрузку P через максимальное

давление P_{\max} , а путь трения через скорость (v) и время (t), и учесть площадь контакта ($S_{\text{пл}}$), то

$$W = fP_{\max} S_{\text{пл}} vt, \quad (2)$$

где площадь контакта

$$S_{\text{пл}} = \frac{2\varphi_0^\circ}{360^\circ} 2\pi R_1 l = \frac{\pi\varphi_0^\circ}{90^\circ} R_1 l, \quad (3)$$

и тогда

$$W = \frac{\varphi_0^\circ}{45^\circ \sin \varphi_0} P v l f. \quad (4)$$

Полученные критерии учитывают практически все конструктивные, нагрузочные и временные параметры. Кроме того, время t работы узла может быть задано необходимое, поскольку отражает ресурс работы подшипника.

Процесс моделирования выбора материала деталей пар трения формируется начальное множество альтернатив, содержащее сочетание «материал – предельно допустимые значения», параметры которых удовлетворяют входным данным. Например, для параметров $\{P_i, T_i, V_i\}$ (P_i – допустимые значения нагрузки, T_i – температуры и V_i – скорости скольжения) входная информация представляется в следующем виде:

$$A = \{ \langle M_k, P_i, T_i, V_i \rangle | M_k \in M; P_i < P_B; T_i < T_B; V_i < V_B \}, \quad (5)$$

где P_B, T_B, V_B – условия функционирования узла трения.

Дальнейшие шаги моделирования связаны с ранжированием допустимых альтернатив в соответствии с уровнем их предпочтительности в условиях конкретной задачи выбора. На предпочтительность того или иного материала, помимо условий обеспечения требуемых параметров работы узла (нагрузка, температура, скорость скольжения), может влиять целый ряд дополнительных условий (критериев), к которым обычно относят коррозионную стойкость, износостойкость, теплостойкость, предпочтительность по стоимости изготовления и обработки, прирабатываемость и др. При этом различные альтернативы удовлетворяют каждому из этих условий в разной степени, и увеличение предпочтительности по одному критерию часто ведет к ее уменьшению по другим.

Литература

1. Инженерия поверхности деталей / Колл. авт.; под ред. А.Г. Сулова. М.: Машиностроение. 2008. – 320 с.: ил.
2. Польский, Е.А. Технологическое обеспечение качества сборочных единиц на основе анализа размерных связей с учетом эксплуатации / Е.А. Польский, Д.М. Филькин // Научные технологии в машиностроении. – 2014. – № 11 (41). – С. 36–44.
3. Сулов А.Г. От технологического обеспечения эксплуатационных свойств к качеству машин / А.Г. Сулов // Трение и износ. – 1997. – т.18, № 3. – С. 311–320.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ШАРОВ ИЗ НАНОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сороченко В. Г., Сохань С.В.

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н.Бакуля НАН Украины, Киев, Украина

Решение научно-практической задачи повышения эффективности алмазно - абразивной обработки изделий из конструкционной керамики, которые включают нанодисперсные материалы, является важной и актуальной, имеющей научно-технологическую перспективу. Это непосредственно связано с развитием научных основ интенсификации процессов алмазно-абразивной обработки изделий из конструкционной керамики, далеко не простых с точки зрения обрабатываемости, а также с разработкой и освоением инновационных конструкций абразивного инструмента, оснащенного сверхтвердыми материалами.

Алмазно-абразивные инструменты наиболее эффективны для обработки керамики на основе карбидов кремния, бора и других соединений. Это обусловлено тем, что использование инструментов на основе синтетического алмаза позволяет обеспечить высокую продуктивность процессов обработки.

Разработаны специальные алмазно-абразивные инструменты для шлифования керамических шариков из нанодисперсных материалов. Характеристика алмазно-абразивного инструмента – 6А2Т 300 (400)×3×80 – АС32 (АС15, АС6, АСМ) 315/250 (250/200, 200/160, 160/125, 125/100, 50/40, 40/28) МХ5 (М2-01, В2-01-1) 100% (ДСТУ 16170-90).

Новизна разработки состоит в установлении состава и характеристики металлических и металлополимерных композитов (связок), применении порошков синтетического алмаза с коэффициентом однородности 1,1–1,3 и конструкции рабочего слоя алмазного инструмента для шлифования керамических шариков из наноматериалов.

Исследована работоспособность алмазно-абразивного инструмента формы 6А2Т 300 на металлических и металлополимерных связках М2-01, и МХ 5 из алмаза марок АС6, АС15 и АС32 зернистостью 50/40, 125/100 и 250/200 и концентрацией 50, 100 и 150 %. Усилие прижима алмазного инструмента составляло 9,8–49 Н/шар. Обрабатывались заготовки на основе карбида бора диаметром 27 мм с отклонением по диаметру ±0,05 мм. Скорость вращения шлифовального инструмента составляла 15 и 30 м/с. Обработка выполнялась с применением СОТС. Количество одновременно обрабатываемых шаров составляла восемь штук.

Физико-механические свойства материала шариков на основе карбида бора: предел прочности при изгибе 380–400 МПа, предел прочности при сжатии 2000–2800 МПа, твердость 80–100 НРС, микротвердость 42±2 ГПа, плотность 2,4–2,6 г/см³, пористость 0,1–3,0%. Использовались также шарики из карбида кремния, оксида алюминия и композиционного сплава марки КХН.

Проведенные исследования позволили установить следующие закономерности применения алмазно-абразивного инструмента для обработки деталей типа шар. Наибольшую работоспособность имеют алмазно-абразивные инструменты на связке МХ5 зернистостью АС6 250/200-160/125 100%-й концентрации. Время обработки одного шарика из карбида бора составил порядка 10–15 мин. Обрабатываемость шариков из карбида бора, карбида кремния, оксида алюминия и композиционного сплава марки КХН находится в соотношении 1:0,5:0,3:0,7.

Наибольшую износостойкость имеют алмазно-абразивные инструменты на связке М2-01 зер-

нистостью 250/200-160/125 100% концентрации. Расход алмаза на обработку одного шарика из карбида бора составляет на связке марки М2-01 – 7,1 карата. Обрабатываемость шариков из карбида бора, карбида кремния, оксида алюминия

и сплава марки КХН находится в соотношении 1:0,7:0,5:0,8. Проведена оптимизация использования алмазно-абразивного инструмента при шлифовании деталей типа шар, результаты представлены в табл. 1.

Табл.1

Характеристика алмазного инструмента и режимы шлифования деталей типа шар на основе карбида бора

Операция абразивной обработки	Отклонение от сферичности поверхности шара, мкм	Характеристика алмазно-абразивного инструмента	Режимы шлифования		
			$V_{кр}$, м/с	S_v , мм	P , Н
Черновое шлифование	50–100	6A2T 300×3×80 AC32 250/200 (315/250) M2-01 (MX 5) 100	15–30	1,0–1,5	29,4–49,0
Чистовое шлифование	10–20	6A2T 300×3×80 AC6 125/100 (100/80) MX 5 100		0,2–0,5	
Доводочное шлифование	5–10	6A2T 300×3×80 ACM 50/40 (40/28) B2-01-1 100		0,05–0,10	9,8–29,4

РАДИОВОЛНЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Тешабаев А.М., Домуладжанов И.Х., Холмирзаев Ю.М.
Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан*

Радиоволны – это электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве со скоростью света (300000 км/сек). Кстати свет также относится к электромагнитным волнам, что и определяет их весьма схожие свойства (отражение, преломление, затухание и т.п.) [1, 2].

Радиоволны переносят через пространство энергию, излучаемую генератором электромагнитных колебаний. А рождаются они при изменении электрического поля, например, когда через проводник проходит переменный электрический ток или когда через пространство проскакивают искры, т.е. ряд быстро следующих друг за другом импульсов тока.

Электромагнитное излучение характеризуется частотой, длиной волны и мощностью переносимой энергии. Частота электромагнитных волн показывает, сколько раз в секунду изменяется в излучателе направление электрического тока и, следовательно, сколько раз в секунду изменяется в каждой точке пространства величина электрического и магнитного полей. Измеряется частота в герцах (Гц) – единицах названных именем великого немецкого ученого Генриха Рудольфа Герца. 1 Гц – это одно колебание в секунду, 1 мегагерц (МГц) – миллион колебаний в секунду.

При частоте 1 МГц соответствует длина волны около 300 м. С увеличением частоты длина

волны уменьшается, с уменьшением увеличивается. Электромагнитные волны свободно проходят через воздух или космическое пространство (вакуум). Но если на пути волны встречается металлический провод, антенна или любое другое проводящее тело, то они отдают ему часть своей энергии, вызывая тем самым в этом проводнике переменный электрический ток. Но не вся энергия волны поглощается проводником, часть ее отражается от поверхности. Кстати, на этом основано применение электромагнитных волн в радиолокации. Еще одним полезным свойством электромагнитных волн (впрочем, как и всяких других волн) является их способность огибать тела на своем пути. Но это возможно лишь в том случае, когда размеры тела меньше, чем длина волны, или сравнимы с ней. Например, чтобы обнаружить самолет, длина радиоволны локатора должна быть меньше его геометрических размеров (менее 10 м). Если же тело больше, чем длина волны, оно может отразить ее. Но может и не отразить – вспомните американский самолет-невидимку «Stealth».

Энергия, которую несут электромагнитные волны, зависит от мощности генератора (излучателя) и расстояния до него. По научному это звучит так: поток энергии, приходящийся на единицу площади, прямо пропорционален мощности излучения и

обратно пропорционален квадрату расстояния до излучателя. Это значит, что дальность связи зависит от мощности передатчика, но в гораздо большей степени от расстояния до него. Например, поток энергии электромагнитного излучения Солнца на поверхность Земли достигает значения 1 кВт/м², а поток энергии средневолновой вещательной радиостанции – всего тысячные и даже миллионные доли ватта на квадратный метр.

Радиоволны (радиочастоты), используемые в радиотехнике, занимают область, или более научно – спектр от 10000 м (30 кГц) до 0,1 мм (3000 ГГц). Это только часть обширного спектра электромагнитных волн. За радиоволнами (по убывающей длине) следуют тепловые или инфракрасные лучи. После них идет узкий участок волн видимого света, далее – спектр ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма лучей – все это электромагнитные колебания одной природы, отличающиеся только длиной волны и, следовательно, частотой. Хотя весь спектр разбит на области, границы между ними намечены условно. Области следуют непрерывно одна за другой, переходят одна в другую, а в некоторых случаях перекрываются.

Международными соглашениями весь спектр радиоволн, применяемых в радиосвязи, разбит на диапазоны (табл. 1).

Табл. 1

Диапазонный спектр радиоволн

Диапазон частот	Наименование диапазона (сокращенное наименование)	Наименование диапазона волн	Длина волны
3–30 кГц	Очень низкие частоты (ОНЧ)	Миллиметровые	100–10 км
30–300 кГц	Низкие частоты (НЧ)	Километровые	10–1 км
300–3000 кГц	Средние частоты (СЧ)	Гектометровые	1–0,1 км
3–30 МГц	Высокие частоты (ВЧ)	Декаметровые	100–10 м
30–300 МГц	Очень высокие частоты (ОВЧ)	Метровые	10–1 м
300–3000 МГц	Ультравысокие частоты (УВЧ)	Дециметровые	1–0,1 м
3–30 ГГц	Сверхвысокие частоты (СВЧ)	Сантиметровые	10–1 см
30–300 ГГц	Крайне высокие частоты (КВЧ)	Миллиметровые	10–1 мм
300–3000 ГГц	Гипервысокие частоты (ГВЧ)	Децимиллиметровые	1–0,1 мм

Но эти диапазоны весьма обширны и, в свою очередь, разбиты на участки, куда входят так называемые радиовещательные и телевизионные диапазоны, диапазоны для наземной и авиационной, космической и морской связи, для передачи данных и медицины, для радиолокации и радио-

навигации и т.д. Каждой радиослужбе выделен свой участок диапазона или фиксированные частоты.

Пример распределения спектра между различными службами [1]. Эта разбивка довольно запутана, поэтому многие службы используют

свою «внутреннюю» терминологию. Обычно при обозначении диапазонов выделенных для наземной подвижной связи используются следующие названия (табл. 2).

Не надо путать официальные наименования диапазонов частот с названиями участков, выделенных для различных служб. Стоит отметить, что основные мировые производители оборудования для подвижной наземной связи выпускают модели, рассчитанные на работу в пределах именно этих участков.

В дальнейшем мы будем говорить о свойствах радиоволн применительно к их использованию в наземной подвижной радиосвязи. Радиоволны излучаются через антенну в пространство и распространяются в виде энергии электромагнитного поля. И хотя природа радиоволн одинакова, их способность к распространению сильно зависит от длины волны.

Земля для радиоволн представляет проводник электричества (хотя и не очень хороший). Проходя над поверхностью земли, радиоволны постепенно ослабевают. Это связано с тем, что электромагнитные волны возбуждают в поверхности земли электротоки, на что и тратится часть энергии. Т.е. энергия поглощается землей, причем тем больше, чем короче длина волна (выше частота).

Передачи длинноволновых вещательных станций можно принимать на расстоянии до нескольких тысяч километров, причем уровень сигнала уменьшается плавно, без скачков. Средневолновые станции слышны в пределах тысячи километров. Что же касается коротких волн, то их энергия резко убывает по мере удаления от передатчика. Этим объясняется тот факт, что на заре развития радио для связи в основном применялись волны от 1 до 30 км. Волны короче 100 метров вообще считались непригодными для дальней связи. Однако дальнейшие исследования коротких и ультракоротких волн показали, что они быстро затухают, когда идут у поверхности Земли. При направлении излучения вверх, короткие волны возвращаются обратно.

Еще в 1902 английский математик Оливер Хевисайд (Oliver Heaviside) и американский инженер-электрик Артур Эдвин Кеннелли (Arthur Edwin Kennelly) практически одновременно предсказали, что над Землей существует ионизированный слой воздуха – естественное зеркало, отражающее электромагнитные волны. Этот слой был назван ионосферой. Ионосфера Земли должна была позволить увеличить дальность распространения радиоволн на расстояния, превышающие прямую видимость. Экспериментально это предположение было доказано в 1923.

Табл. 2

Диапазоны, выделенные для наземной подвижной связи

Термины	Диапазон частот	Пояснения
Коротковолновый диапазон (КВ)	2–30 МГц	Из-за особенностей распространения в основном применяется для дальней связи
«Си-Би»	25.6–30.1 МГц	Гражданский диапазон, в котором могут пользоваться связью частные лица. В разных странах на этом участке выделено от 40 до 80 фиксированных частот (каналов)
«Low Band»	33–50 МГц	Диапазон подвижной наземной связи. Непонятно почему, но в русском языке не нашлось термина, определяющего данный диапазон
УКВ	136–174 МГц	Наиболее распространенный диапазон подвижной наземной связи
ДЦВ	400–512 МГц	Диапазон подвижной наземной связи. Иногда не выделяют этот участок в отдельный диапазон, а говорят УКВ, подразумевая полосу частот от 136 до 512 МГц
«800 МГц»	806–825 и 851–870 МГц	Традиционный «американский» диапазон; широко используется подвижной связью в США. У нас не получил особого распространения.

Радиочастотные импульсы передавались вертикально вверх и принимались вернувшиеся сигналы. Измерения времени между посылкой и приемом импульсов позволили определить высоту и количество слоев отражения. Распространение длинных и коротких волн (рис. 1) [2].

Отразившись от ионосферы, короткие волны возвращаются к Земле, оставив под собой сотни километров «мертвой зоны». Пропутешествовав к ионосфере и обратно, волна не «успокаивается», а отражается от поверхности Земли и вновь устремляется к ионосфере, где опять отражается и т. д. Так, многократно отражаясь, радиоволна может несколько раз обогнуть земной шар.

Установлено, что высота отражения зависит в первую очередь от длины волны. Чем короче волна, тем на большей высоте происходит ее отражение и, следовательно, больше «мертвая зона». Эта зависимость верна лишь для коротковолновой части спектра (примерно до 25–0 МГц). Для более коротких волн ионосфера прозрачна. Волны пронизывают ее насквозь и уходят в космическое пространство.

Из рис. 2 видно, что отражение зависит не только от частоты, но и от времени суток. Это связано с тем, что ионосфера ионизируется солнечным излучением и с наступлением темноты постепенно теряет свою отражательную способность. Степень ионизации также зависит от солнечной активности, которая меняется в течение года и из года в год по семилетнему циклу. Отражательные слои ионосферы и распространение коротких волн в зависимости от частоты и времени суток, распространение коротких и ультракоротких волн [2].

Радиоволны УКВ диапазона по свойствам в большей степени напоминают световые лучи. Они практически не отражаются от ионосферы, очень незначительно огибают земную поверхность и распространяются в пределах прямой видимости. Поэтому дальность действия ультракоротких волн невелика. Но в этом есть определенное преимущество для радиосвязи.

Поскольку в диапазоне УКВ волны распространяются в пределах прямой видимости, то можно располагать радиостанции на расстоянии 150–200 км друг от друга без взаимного влияния. А это позволяет многократно использовать одну и ту же частоту соседним станциям.

Свойства радиоволн диапазонов ДЦВ и

800 МГц еще более близки к световым лучам и потому обладают еще одним интересным и важным свойством. Вспомним, как устроен фонарик. Свет от лампочки, расположенной в фокусе рефлектора, собирается в узкий пучок лучей, который можно послать в любом направлении.

Направленное излучение создает меньше помех другим системам связи, находящихся не в створе луча. При приеме радиоволн также могут использоваться достоинства направленного излучения.

Например, многие знакомы с параболическими спутниковыми антеннами, фокусирующими излучение спутникового передатчика в точку, где установлен приемный датчик. Применение направленных приемных антенн в радиоастрономии позволило сделать множество фундаментальных научных открытий. Возможность фокусирования высокочастотных радиоволн обеспечила их ши-

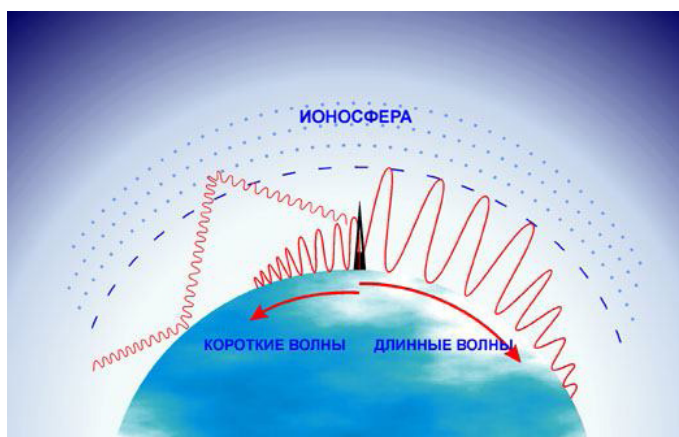


Рис. 1. Ионосфера

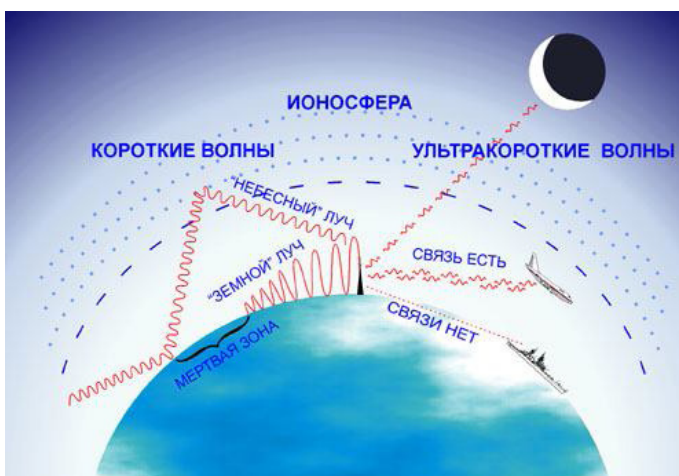


Рис. 2. Отражение волн

рокое применение в радиолокации, радиорелейной связи, спутниковом вещании, беспроводной передаче данных ит.п. Параболические направленные антенны [2].

Необходимо отметить, что с уменьшением длины волны возрастает их затухание и поглощение в атмосфере. В частности на распространение волн короче 1 см начинают влиять такие

явления как туман, дождь, облака, которые могут стать серьезной помехой, сильно ограничивающей дальность связи.

Мы выяснили, что волны радиодиапазона обладают различными свойствами распространения, и каждый участок этого диапазона применяется там, где лучше всего могут быть использованы его преимущества.

Литература

1. Хабилов, Р.С. Справочник эколога-эксперта / Р.С. Хабилов, Королева Н.В., Ишмухамедов Т.Р. – Ташкент: Госкомприрода, Госэкоэкспертиза, ООО Кони-Нур», 2009. – 528 с.
2. Диченкоб А.А., Фирма «Виол», Узбекистан; <http://www.viol.uz>

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

Тимофєєва Л.А., Федченко І.І.

Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна

Метрологічне забезпечення – обов'язкова і невід'ємна частина машинобудування, його значимість важко переоцінити. Основними цілями метрологічного забезпечення є:

- підвищення якості продукції, ефективності управління виробництвом і рівня автоматизації виробничих процесів;
- забезпечення взаємозамінності деталей, вузлів і агрегатів, створення необхідних умов для кооперування виробництва і розвитку спеціалізації;
- підвищення ефективності науково-дослідних і дослідноконструкторських робіт, експериментів і випробувань;
- забезпечення достовірності обліку і підвищення ефективності використання матеріальних цінностей і енергетичних ресурсів;
- підвищення ефективності заходів з профілактики, нормування та контролю умов праці та побуту людей, охорони навколишнього середовища, оцінки якості та раціонального використання природних ресурсів;
- підвищення рівня автоматизації управління транспортом і безпеки його руху;
- забезпечення високої якості і надійності зв'язку.

Складність якісного метрологічного забезпечення у виробництві пов'язана не тільки з нескінченним різноманіттям метрологічних завдань, специфікою умов проведення вимірювань, необхідністю наявності кваліфікованих кадрів, але і з різноманіттям вимірювальних засобів, методів вимірювань, схем і т.п.

Підхід до метрологічного забезпечення машинобудівного виробництва був досить детально опрацьований в 70–80-х рр. Минулого століття. Однак згодом, в силу різних факторів, ці концепції не зазнали практично ніяких змін. В результаті метрологічне забезпечення на даний момент майже повністю відповідає цим концепціям тридцятирічної давності, але абсолютно не відповідає сучасним вимогам. Як наслідок, на більшості вітчизняних підприємств машинобудування практично повсюдно відсутні реальні (не на папері) системи управління якістю, що базуються на статистичних методах управління процесами. Основною причиною цього є не тільки відсутність в більшості випадків сучасних цифрових засобів вимірювання, без яких реалізація подібних систем неможлива, але і нестача кваліфікованих фахівців. У 90-х рр. на вітчизняних підпри-

ємствах стало різке скорочення метрологічних служб і навіть їх ліквідація.

Подібна ситуація абсолютно не відповідає сучасним вимогам до організації машинобудівного виробництва і є стримуючим фактором для подальшого технічного, технологічного та організаційного розвитку підприємств.

В даний час вимірювання в тій чи іншій мірі пронизують всі сфери інженерної праці. В процесі навчання майбутні фахівці технічних напрямків при освоєнні дисциплін навчального плану проводять численні різні виміри, особливо при виконанні лабораторних і практичних робіт.

З вимірами постійно пов'язана діяльність інженера-дослідника, інженера-технолога, інженера-конструктора. Наприклад, інженер-конструктор зобов'язаний мати чітке уявлення про можливість вимірювальної техніки, забезпечити взаємозамінність деталей і складальних одиниць, контролепригідність розроблюваного виробу на всіх стадіях його життєвого циклу. Вимірювальна інформація є основою для прийняття технічних і управлінських рішень при випробуванні продукції, оцінюванні її технічного рівня, атестації та сертифікації якості. Знання сучасних правил, норм і вимог в області вимірювань також необхідно для фахівців, які здійснюють функції орга-

нізації та управління виробництвом.

На виробництві молодий спеціаліст, як правило, завжди прямо чи опосередковано пов'язаний по роботі з вимірами. При цьому він стикається з великою кількістю вимірювальних завдань, нормативних документів метрологічного змісту, виконання яких є обов'язковим. Однак знання метрологічних правил і норм ще не дає гарантії успішної інженерної діяльності. Інженеру необхідно вивчити і освоїти методи вимірювань і основні принципи конструювання вимірювальних засобів. При цьому на перше місце слід поставити знання методів вимірювання.

Постійна зміна стандартів, положень, показників та іншої нормативної документації змушує спеціалістів постійно стежити за цим процесом і враховувати в роботі. Для допомоги працівникам метрологічних служб виробництва в даних розділах наведені нові стандарти і інформація про намічені зміни в цій галузі. Метрологічне забезпечення на машинобудівному підприємстві є фундаментом вимірювальної справи і контролю, технічно і організаційно забезпечує однаковість і правильність показань всіх вимірювальних приладів на підприємстві і завдяки цьому створює умови для однаковості і правильності всіх вимірювань.

ТЕХНОЛОГІЯ ТРИВИМІРНОГО ВИРОБНИЦТВА ВИРОБІВ

Шабайкович В.А. Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

Статистика відмічає, що лише 10% розроблюваних конструкцій виробів та технологій впроваджуються у виробництво, решта з різних причин відсіюється. За допомогою тривимірного виробництва це можна змінити і вибрати найкращі рішення та усунути вироби з недостатньо високою якістю. Тим більше, що більшість відомих оцінюючих методів проводиться, коли продукція вже готова і щось змінити стає часто неможливим або вимагає значних витрат.

Спалах тривимірного виготовлення виробів відбувся завдяки появі 3D-принтерів, 3D-сканерів, пристроїв, які використовують метод поварство-

вого створення фізичного об'єкта за цифровою 3D-моделлю. Технологія 3D-виготовлення може здійснюватися різними способами і з використанням потрібних матеріалів. При цьому застосовуються лазерні та струменеві [1] технології формування варств. При лазерній стереолітографії ультрафіолетовий лазер поступово, піксель за пікселем, засвічує рідкий фотополімер або він засвічується ультрафіолетовою лампою через фотомашаблон, змінюваний з новою варствою. При цьому рідкий полімер твердне і перетворюється в досить міцний пластик. В другому способі склеювання чи спікання порошкоподібного матеріалу

схоже на лазерне спікання, але порошкова основа склеюється речовиною, що подається з струменевої головки. Процес здійснюється на 3-D принтерах, яких тепер є досить багато. 3D-принтери – це спеціальні пристрої для друкування тривимірних даних, тобто виготовлення виробу. Перевагами подібних принтерів перед звичайними способами створення моделей є висока швидкість, простота та низька вартість. 3D-принтери використовуються в самих різних областях завдяки безлічі переваг 3D-друку. Це можливість оцінити функціональність та складальність виробів, а також виключити можливість помилок перед запуском виробів у серію, заощаджуючи витрати. Крім того, на готовій моделі можна проводити різні тести ще до того, як буде готовий остаточний варіант виробу.

Однак, це ще не все. Наступне це – швидке виробництво. Вже тепер технології 3D-виготовлення

дозволяють одержувати вироби з різних матеріалів. Крім цього 3D-принтери широко застосовуються в медицині для створення макетів внутрішніх органів людини, протезів та імплантів (рис. 1). Високу зацікавленість викликають і маркетингові аспекти 3D-виготовлення. Завдяки їм можна підвищити якість роботи з клієнтами, демонструючи повноцінні вироби. Серед екзотичних варіантів використання 3D-виготовлення можна відмітити виробництво взуття. Нога майбутнього власника сканується лазером для створення цифрової моделі. На підставі цієї інформації і виготовляється взуття шляхом поварстового лазерного спікання. Безсумнівним лідером в області 3D-виготовлення є компанія Z Corporation, 3D-принтери якої успішно використовуються багатьма фірмами та організаціями, найбільш відомими в світі.



В машинобудуванні



В ракетобудуванні



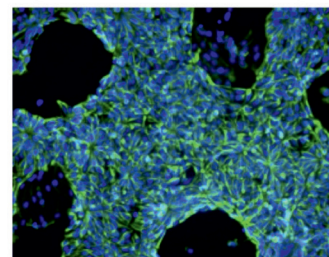
При виготовленні зброї



Виготовлення інструменту



Складання човна



Одержання стовбурових клітини



В архітектурі



При виготовленні взуття



В медицині

Рис. 1. Приклади застосування 3-D виготовлення різноманітних виробів

Методики проектування віртуальних конструкцій та розробки технологій базуються на відомих методиках ручних чи автоматизованих розробок і відрізняється лише тим, що виконуються на комп'ютері з використанням відповідного програмного забезпечення [2]. Коротко методика проектування віртуальних конструкцій як виробів, технологічного обладнання та оснащення, так і технологічних процесів полягає в наступному:

- Підбір необхідних програм, введення вхідних даних.
- Пошук в інформаційному банку даних необхідної для розробки інформації, а також аналогів і прототипів тощо.
- Встановлення структури конструкційного та технологічного об'єкту.
- Формування груп виробів, технологій, їх комплексних представників.
- Вибір способу та методу технології виготовлення груп виробів.
- Викреслювання загального виду конструкції та блок-схеми технології.
- Вибір технологічних баз і схем базування, точності виготовлення.
- Розрахунки головних показників якості конструкційного та технологічного рішення, в тому числі можливих витрат.
- Розрахунки рівня конкурентоспроможності конструкції та технології виготовлення виробу.
- Виявлення вузьких місць та заходів по підвищенню показників якості та рівня конкурентоспроможності конструкції й технології.
 - Впровадження змін в конструкцію виробу та технологію за даними перебігу віртуального технологічного процесу виготовлення.
 - Впровадження змін в конструкцію виробу та технологію за даними віртуальної експлуатації виробу.
 - Уточнений розрахунок показників якості виробу та рівня конкурентоспроможності.
 - Кінцеві доопрацювання конструкції та тех-

Література

1. Новітні технології 3D-друку. [Електронний ресурс] – режим доступу <http://eprints.zu.edu.ua/1717/1/> Бідюк. pdf
2. Шабайкович, В.А. Сучасне виробництво продукції. Золоті правила якості / В.А. Шабайкович: навчальний посібник. – Львів: ЛІМ, 2014. – 330 с.

нології виробу за результатами візуалізації, розрахунків, порівнянь, зауважень.

Найбільш цікавим і плідним напрямком є перевірка як віртуальної експлуатації виробу, так і ходу протікання технологічних процесів і на підставі одержаних результатів проведення необхідних покращень в віртуальні конструкції виробів і технологічного обладнання з оснащенням, а також віртуальну технологію виготовлення.

Висновки. Відоме принципово нове виготовлення продукції, засноване на використанні поварствового створення твердого об'єкту за допомогою 3D-сканерів і 3D-принтерів. На сьогодні відомі їх різні конструкції, в тому числі навіть домашні. Для виготовлення макетів чи деталей використовуються різні матеріали від пластиків до металу та композитів. Основною перевагою такого використання є відсутність геометричних обмежень, що дозволяє отримувати досить складні форми, включаючи навіть висхідні елементи і піднутріння. Вони використовуються в самих різних областях за рахунок безлічі переваг 3D-виготовлення. Найбільш успішні фірми, які використовують таке виготовлення готових до експлуатації виробів це – 3M, Black & Decker, Cisco, Continental Tire, Hewlett Packard, IBM, LG Electronics, MIT, NASA, Pratt & Whitney, Puma, Reebok, Rolls Royce, US Army і т.д. Тепер будь-яка високотехнологічна компанія використовує пристрої Z Corporation. Правда у Львові вже є три осередки тривимірного друку: «Фабрики 3D друку», коворкінг Beta place та компанія Vigom. Грам друку коштує від 7,5 до 8,5 грн., залежно від якості, а година роботи 3D-принтера – 100 грн. Подібні малі осередки є у Києві та Харкові. Матеріали про промислове впровадження 3D-виготовлення в Україні поки що невідомі. На жаль прогресу застосування 3D-виготовлення в Україні ще не спостерігається, оскільки він залежить тільки від загального стану економіки в країні. На все потрібно значне фінансування навіть при виробничому впровадженні відомих розробок, що в майбутньому в Україні практично неможливе.

РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКИ

Максимов С.Ю., Лендел И.В., Кражановский Д.Н.

Институт электросварки им.Е.О.Патона НАН Украины, Киев, Украина

В процессе наплавки изделие испытывает нагрев и последующее охлаждение, что приводит к его деформации и появлению остаточных напряжений в зоне термического влияния. Основной причиной остаточных напряжений является трудность расширения и сжатия основного металла при его нагреве в процессе наплавки и последующего охлаждения. Получающаяся в результате деформация изделия требует дополнительных временных и материальных затрат на ее устранение. Можно уменьшить остаточную деформацию, уменьшив степень нагрева за счет снижения сварочного тока, но в то же время снизив производительность процесса. Способ, способный при одинаковой производительности наплавки уменьшить величину остаточных напряжений, имеет преимущество перед другими. Для этого в ИЭС им. Е.О.Патона был разработан механизм импульсной подачи электродной проволоки (ИПЭП) [1], который позволяет без использования обратной связи от источника питания контролировать перенос электродного металла. Исследования показали способность эффективно влиять на геометрические параметры сварного шва, регулировать глубину проплавления основного металла.

Целью работы было оценить возможность использования импульсной подачи электродной проволоки для повышения экономической эффективности наплавки дуги. Такой процесс характеризуется строго регламентированной циклическостью в продолжительности горения дуги без потери производительности процесса наплавки, что влияет на количество вносимого в основной металл тепла и, как следствие, на величину остаточных напряжений.

Наплавки выполнялись проволокой 30ХГСА $\varnothing 1,2$ мм на режиме $I = 220$ А, $U = 26$ В. Частота ИПЭП – 1–40 Гц, скважность 1–5 ед.

Остаточные напряжения измерялись методом спекл-интерферометрии [3]. Полученные результаты (рис. 1) свидетельствует, что применение ИПЭП на оптимальных режимах ($f = 20$ Гц, $S = 5$ ед.) позволяет снизить остаточные напряжения до 220 МПа (\approx на 30%), что надежно обеспечивает сохранение упругого напряженно-деформированного состояния в ЗТВ после выполнения наплавки валика. Уменьшение скважности с 5 до 3 ед. приводит к некоторому увеличению остаточных напряжений в упругой зоне напряженно-деформированного состояния, что объясняется увеличением и последовательным приближением тепловложения в изделие к случаю постоянной подачи электродной проволоки. Также аналогичный эффект наблюдается и при увеличении частоты ИПЭП с 20 до 60 Гц.

Обычно, для получения необходимого уровня служебных свойств необходимо выполнять многослойную наплавку, чтобы уменьшить долю основного металла в наплавленном слое. При

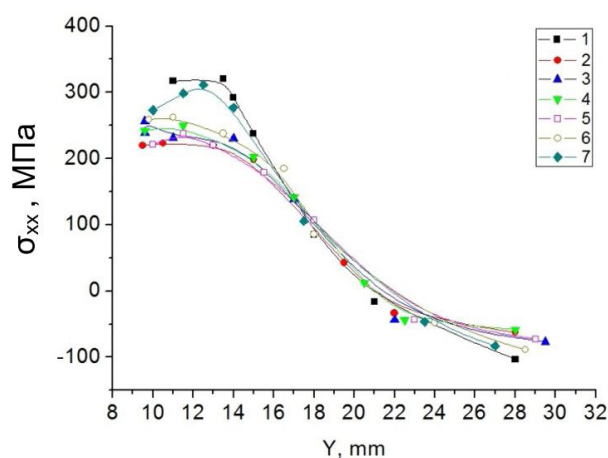


Рис. 1. График изменения величины остаточных напряжений σ_{xx} , при постоянной подаче электродной проволоки и ИПЭП

этом увеличивается тепловложение в изделие, что приводит к повышению уровня остаточных деформаций. Проведенные ранее исследования ИПЭП [2] показали принципиальную возможность снизить до минимума глубину проплавления основного металла, уменьшив тем самым разбавление им наплавленного слоя.

Для комплексной оценки свойств наплавленного металла испытания на износостойкость при трении металла по металлу проводили на установке, разработанной в ИЭС им. Е.О. Патона [4], при следующих условиях: удельное давление в месте контакта 100 МПа; скорость трения 11...12 м/мин.; температура кольца-контртела (по ГОСТ 12423-66) 23 ± 2 °С; температура на поверхности

испытуемого образца в контактной зоне 30–40 °С; время испытания 1 ч. Размеры кольца-контртела, изготовленного из закаленной стали 45, составили: диаметр 110 мм, ширина 30 мм, толщина 20 мм; размеры образца: $10 \times 20 \times 40$ мм. Для сравнения, как эталон подвергали испытанию также образцы, полученные при постоянной подаче электродной проволоки. Сопротивление изнашиванию оценивали по потере массы Δg испытываемого образца и кольца-контртела до и после изнашивания. Сравнительные испытания проводились по 3 раза для каждого режима. Определение координат лунки проводилось на большом инструментальном микроскопе Carl Zeiss Jena Nr 18976.

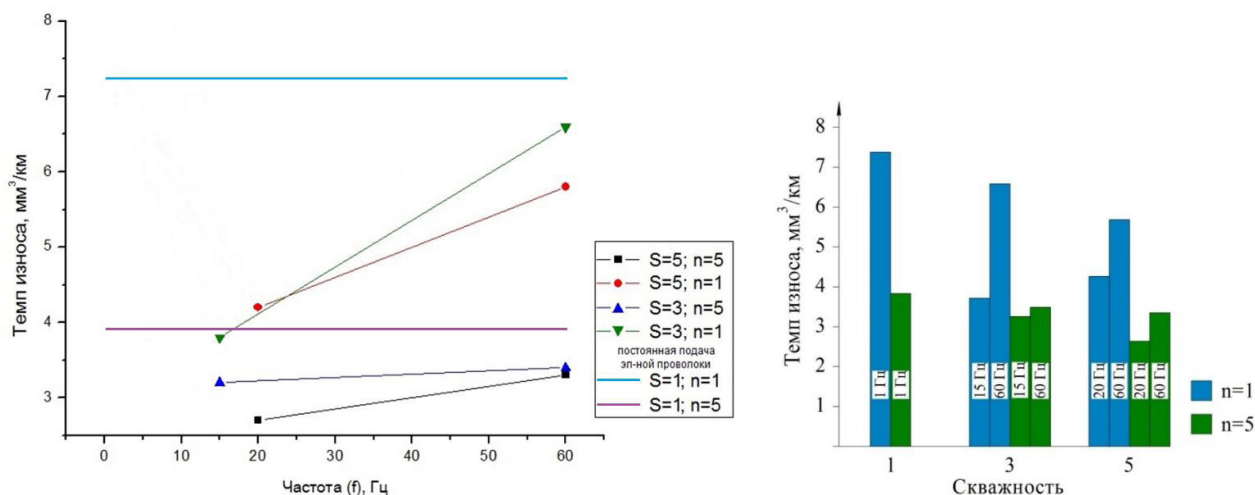


Рис. 2. График темпа изнашивания образцов в зависимости от частоты, скважности и количества наплавленных слоев

Как видно из полученных результатов (рис. 2), при импульсной подаче электродной проволоки с частотой 15–20 Гц и скважностью

3–5 ед. уже в первом наплавленном слое можно достичь уровня износостойкости пятого наплавленного слоя, выполненного с постоянной подачей электродной проволоки. Также наблюдается повышения износостойкости при ПЭД практически в 2 раза при однослойной наплавке

и в 1,5 раза при пятислойной, в сравнении с постоянной подачей электродной проволоки.

Таким образом, применение импульсного характера подачи электродной проволоки позволяет снизить расход электродных материалов, затраты времени и материальных средств на устранение остаточных деформаций, что в целом обеспечивает повышение эффективности дуговой наплавки.

Литература

1. Лебедев, В.А. Механизмы импульсной подачи электродной проволоки с регулированием параметров импульсов / В.А. Лебедев, В.Г. Пичак, В.В. Смолярко // Автоматическая сварка. – 2001. – № 5. – С. 31–37.
2. Lebedev, V. Study of technological opportunities of GMA welding and surfacing with pulse electrode wire feed / V. Lebedev, U. Reisgen, I. Lendiel // Welding in the World. – 2016. – V. 60. – P. 525–533.
3. Лобанов, Л.М. Методика определения остаточных напряжений в сварных соединениях и элементах конструкций с использованием электронной спекл-интерферометрии / Л.М. Лобанов, В.А. Пивторак, В.В. Савицкий, Г.И. Ткачук // Автоматическая сварка. – 2006. – № 1. – С. 10–13.
4. Рябцев, И.И. Блочно-модульная установка для испытаний наплавленного металла / И.И. Рябцев, Я.П. Черняк, В.В. Осин // Сварщик. – 2004. – №. 1. – С. 18–9.

РЕМОНТ ДЕФЕКТОВ ЛИТЬЯ НИКЕЛЕВЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

Макимова С.В., Зволинский И.В.

Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, Киев, Украина

При получении никелевых жаропрочных сплавов традиционными методами металлургического передела (методом литья) в отливках встречаются дефекты в виде несплошностей. Для их устранения необходимо применять дополнительные методы обработки, позволяющие зализывать имеющиеся дефекты и сохранять структуру исходного материала. К перспективным методам, позволяющим выполнить данные задачи, относится высокотемпературная вакуумная пайка. При этом, важное значение имеет система легирования припоя, которая должна обеспечить необходимый температурный интервал плавления припоя, хорошее смачивание основного металла и полное заполнение полости дефекта.

В данной работе показана возможность заполнения литейных дефектов на отливках жаропрочных никелевых сплавов путем применения высокотемпературной вакуумной пайки и припоев на базе систем Ni-Ti-Zr и Ni-Cr-Zr.

Для проведения экспериментов в качестве базового использовали литые заготовки жаропрочного никелевого сплава ЖС-6У. С целью обеспечения в зоне пайки металла, близкого к химическому составу и свойствам основного металла, использовали композиционный припой, состоящий из легкоплавкой составляющей (при-

поя) и тугоплавкой составляющей (наполнителя - основного металла).

Количество легкоплавкой составляющей должно быть достаточным для обеспечения полного смачивания высокотемпературной составляющей – основного металла. Только в этом случае можно получить химический состав и свойства металла отремонтированного участка, идентичные свойствам основного металла.

Легкоплавкую и тугоплавкую составляющие использовали в порошковом виде, которые после смешения прессовали, спекали и использовали в виде таблеток (рис. 1, а).

Нагрев образцов с припоем осуществляли в вакуумной печи по режиму (рис. 2). При двухступенчатом нагреве наблюдаются структурные изменения в основном металле (рис. 3, а).

Установлено, что при одноступенчатом нагреве и использовании припоя в порошковом (насыпном виде) наблюдается пористость в наплавленном металле. Применение припоя в компактном виде (в виде таблетки) обеспечивает хорошее смачивание основного металла (рис. 3, б). При нагреве оптимального соотношения двух компонентов таблетизированного припоя наблюдается расплавление эвтектической составляющей, смачивание тугоплавкого основного металла и взаимодействие с ним, что приводит к протеканию диффузионных процессов и частичному растворению последнего. При охлаждении образца кристаллизуются сначала первичные зерна твердого раствора (химический состав которых близок к химическому составу тугоплавкого наполнителя), по границам которых кристаллизуется эвтектика, обогащенная цирконием (рис. 3, б).

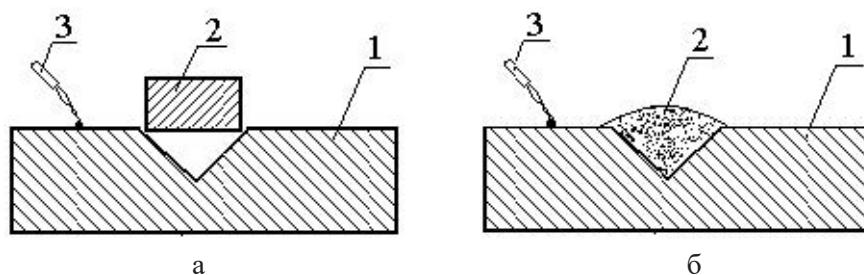


Рис. 1. Схема размещения припоя при вакуумной пайке с радиационным нагревом в виде таблетки (а) и в насыпном виде (порошковом) (б):

1 – подкладка основного металла; 2 – припой; 3 – термонара

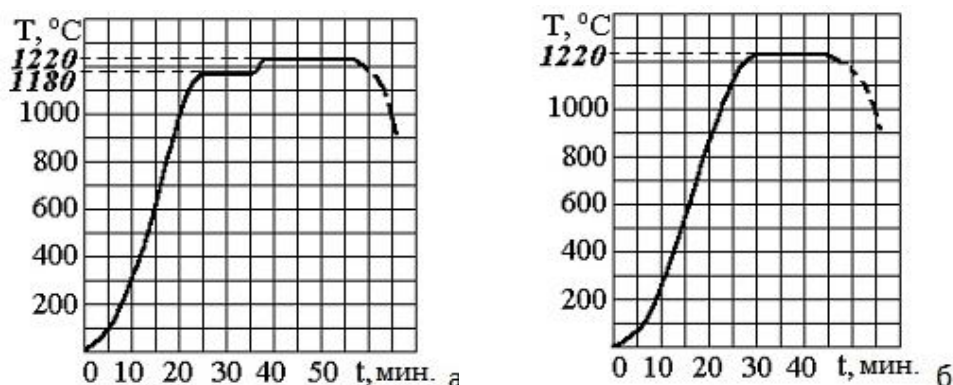
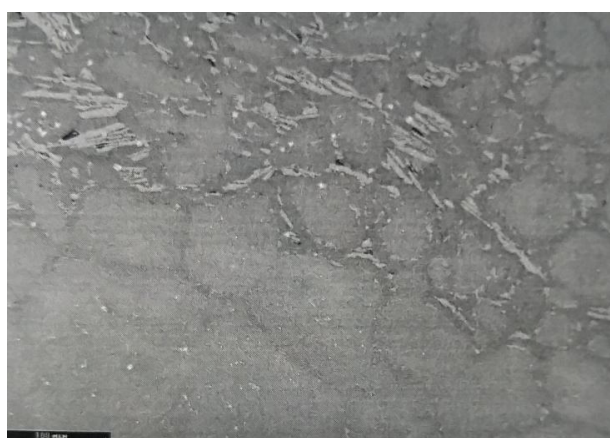


Рис. 2. Термические циклы нагрева образцов: двухступенчатый (а) и одноступенчатый (б)



а



б

Рис. 3. Микроструктура межфазной границы сплав ЖС 6У-припой при двухступенчатом (а) и одноступенчатом нагреве (б)

Локальным микрорентгеноспектральным анализом установлено, что химический состав зерен, находящихся в нижней части дефекта, отличается от химического состава зерен в центральной зоне наплавленного металла по количеству кобальта и вольфрама. Чем ближе расположены зерна наплавленного металла к основному металлу, тем выше в них концентрация вольфрама и кобальта, что свидетельствует об активных диффузионных процессах.

При увеличении количества легкоплавкой составляющей в наплавленном металле наблюдается увеличение объема эвтектической составляющей (рис. 4).

Главное преимущество вакуумной пайки с радиационным нагревом заключается в отсутствии трещин на границе сплавления с основным металлом.

Таким образом, при заполнении дефектов литя в жаропрочных никелевых сплавах с помощью композитного припоя с оптимальным со-



Рис. 4. Микроструктура межфазной границы сплав ЖС 6У-припой при увеличенном количестве легкоплавкой составляющей

отношением легкоплавкой и тугоплавкой составляющих и одноступенчатого вакуумного нагрева обеспечивается формирование бездефектной плотной структуры наплавленного металла.

ФОРМУВАННЯ ПОКРИТТІВ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Тимофеев С.С., Волошина Л.В., Воскобойников Д.Г.

Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна

В процесі експлуатації поверхні деталей транспортного призначення втрачають свої вихідні експлуатаційні властивості, що веде до виникнення відмови механізму або системи в цілому. Тому розробка технологій підвищення експлуатаційних властивостей деталей та вузлів прицепних пар тертя та масляних шестеренних насосів двигунів внутрішнього згорання при їх виготовленні та відновленні є актуальною проблемою.

Існуючі технології відновлення властивостей поверхонь тертя згаданих вище механізмів, не задовольняють повністю вимоги до деталей, де незначний знос викликає збій в роботі всього механізму в цілому і навіть системи до якої він конструкційно входить, виконуючи певні функції.

Тому актуальною є розробка нових підходів, які полягають в тому щоб застосовувати термічну обробку і хіміко-термічну обробку в одному технологічному циклі, а також будуть забезпечувати екологічну чистоту технологічного процесу, не потребуватимуть складного обладнання. До таких технологічних процесів відносяться формування багатошарових покриттів на основі окислення [1].

Сутність формування багатошарових покриттів на основі технологічного процесу окислення полягає в тому, що в залежності від умов експлуатації деталей для обробки підбираються солі, до складу яких входять різні хімічні елементи. З цих солей готується водний розчин, який застосовується при проведенні гартування та високого відпуску, для покращення експлуатаційних властивостей поверхневих шарів деталей тертя.

В залежності від хімічного складу солі на поверхні деталей в результаті проведеного процесу окислення утворюються, крім оксидів заліза, також оксиди елементів, що входять до складу солей. Згідно проведеним металографічним та

рентгеноструктурним дослідженням зразків, оброблених з застосуванням окислення солями різного хімічного складу, характерною особливістю утворених покриттів є те, що шар покриття, який знаходиться безпосередньо біля матриці основного металу, складається з тих елементів, які містяться в основному металі а також з хімічних елементів які входять до складу сольового розчину. Середній шар покриття містить в своєму складі елементи першого шару і хімічні елементи з насичуючого середовища. Останній шар, поверхневий, містить в своєму складі тільки елементи насичуючого середовища. Наприклад, у високолегованій сталі міститься хром, то оксиди хрому були виявлені у всіх шарах покриття, але найбільша їх концентрація біля матриці основного металу. Якщо до складу солі входить мідь, то в результаті окислення таким розчином, як показав рентгеноструктурний аналіз покриттів, утворюються оксиди шпінельного типу, а також міститься мідь.

Тому, технологічний процес формування багатошарових покриттів на основі окислення дає можливість застосування різних хімічних речовин, які розчинні у воді і використання для формування покриттів заданої структури і з певними властивостями, які визначаються виходячи з умов експлуатації деталей транспортного призначення. Для підтвердження результатів дослідження, були виготовленні зразки з матеріалів пар тертя масляного шестеренного насосу та прицепних пар тертя двигунів, та оброблені за наведеною технологією [2, 3]. Зразки пройшли лабораторні та експлуатаційні випробування. Результати випробувань показали, що припрацювання деталей з такими покриттями відбувається в 2-3 рази швидше, також одержали стабільне значення коефіцієнту тертя на протязі випробувань, темпера-

тура масла в зоні контакту не змінювалася [4].

До переваг даної технології також віднесемо значне скорочення часу на обробку деталі порівняно з традиційними технологіями ХТО; забезпе-

чення насичення у важкодоступних місцях; відносно невелика собівартість, ресурсозбереження і екологічна чистота, завдяки низькій концентрації насичуючих елементів у розчині.

Література

1. Timofeeva, L.A. Surface modification of machine parts made of iron– carbon alloys operating under conditions of friction and wear / L.A. Timofeeva, S.S. Timofeev, A.Y. Dyomin et al. // J. of friction and wear. – 2018. – Vol. 39, №. 3. – P. 283–289.
2. Тимофеева, Л.А. Визначення технологічних параметрів процесу обробки в залежності від експлуатаційних властивостей покриття / Л.А. Тимофеева, Л.В. Волошина // Вісник НТУ «ХПІ». Серія нові рішення в сучасних технологіях.– Харків: НТУ «ХПІ», 2012.– № 66.– С. 20–23.
3. Волошина, Л.В. Визначення та оптимізація параметрів нової технології залежно від заданих властивостей покриття / Л.В. Волошина // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 224–229.
4. Волошина, Л.В. Аналіз технологічних параметрів процесу нанесення зносостійкого покриття / Л.А. Тимофеева, Л.В. Волошина, П.М. Гордієнко // Зб. наук.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ МНОГОФАКТОРНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

С.К. ДИК, И.М. ХЕЙФЕЦ, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь,

Т.А. АЛЕКСЕЕВА, Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь

Привлечение методов искусственного интеллекта предполагает использование интеллектуальных систем управления (ИСУ). В их основе лежит идея построения высокоорганизованных систем автоматического управления, базирующихся на использовании моделей переменной сложности и неопределенности, с выполнением таких интеллектуальных функций, присущих человеку, как принятие решений, планирование поведения, обучение и самообучение в условиях изменяющейся внешней среды.

Обучение – способность системы улучшать свое поведение в будущем, основываясь на прошлой экспериментальной информации о результатах взаимодействия с окружающей средой. Тогда самообучение – обучение системы без внешней корректировки, т.е. без указаний «учителя». В результате интеллектуальная система управления – такая система, в которой знания о неизвестных характеристиках управляемого объекта и окружающей среды формируются в процессе обучения и адаптации, а полученная при этом информация используется в процессе автоматического принятия решений для улучшения качества управления.

Экспертные системы имеют дело с задачами искусственного интеллекта на верхнем уровне, работая с символической информацией для получения выводов об окружающей среде и формирования соответствующих управленческих решений с учетом сложившейся или прогнозируемой ситуации. Они накапливают эвристические знания и, манипулируя ими, пытаются имитировать поведение эксперта.

Выполнение функций построения динамической модели объекта и его среды, а также поддер-

жания контакта с внешним миром (датчиками, системами управления базами данных, регулятором) позволяет относить экспертную систему к классу динамических (активных), или экспертных систем реального времени.

Основу технологий автоматизированного проектирования и производства, контроля и управления составляет метод аналитического синтеза замкнутых систем управления, и полученные с его помощью алгоритмы управления, позволяют обеспечить на этапе синтеза заданные характеристики процессов управления, а на этапе моделирования заданные, либо достижимые показатели качества.

Технологии автоматизированного проектирования и управления по составу, структуре, форматам входных данных и представленных результатов в определенной степени могут рассматриваться как разновидность SADT-технологии (SADT – Structured Analysis and Design Technique). В наиболее детальной формулировке назначением SADT-технологии являются проектирование и управление процессами, состоящими из последовательности многофакторных воздействий и операций, характеризующих совокупностью оптимизируемых параметров качества.

SADT-диаграмма начального «нулевого» уровня (A0), сформированная на основании традиционного подхода к проектированию процессов, предполагает наличие четырех основных функций (блоков): управление проектированием (A1), разработка варианта технологического процесса (A2), оценка его себестоимости (A3) и оценка его качества (A4). Наиболее сложной для детализации является функция (A2) по разработке технологического процесса. Результатом деком-

позиции этого блока является SADT-диаграмма уровня A2, в которой представлены как процессы формирования совокупности математических моделей, моделирующего программного комплекса, так и собственно процесс моделирования. При разработке технологии проектирования подробному анализу подвергаются соответствующие функции A21, A22 и A23, а результатом их структуризации являются SADT-диаграммы соответствующего уровня.

В SADT-диаграмму уровня A23 входят: ввод краевых условий; моделирование программным комплексом; корректировка условий процесса и оптимизация моделирования; управление параметрами качества. Моделирование управления параметрами качества технологического процесса (блок A234) рассмотрим на примере операции комбинированной обработки детали.

Для контроля, анализа и управления существенно нелинейными многофакторными производственными процессами, зачастую не достаточно рекомендуемых традиционных методов контроля, вследствие особой сложности взаимосвязей технологических факторов и эксплуатационных параметров в процессах, совмещающих в одном методе обработки различные технологические операции, а в рамках операции комбинацию разнообразных технологических воздействий. Управлять операцией целесообразно с помощью наиболее влиятельных и наименее коррелированных с другими факторов. Согласно полученным из статистической модели данным, при структурном синтезе процесса комбинированной обработки, для детализации на SADT-диаграмме технологической операции целесообразно разделять группы наиболее значимых параметров качества.

Необходимо отметить, что изменение условий проведения технологической операции в связи с выпуском других деталей, выбором новых обрабатываемых материалов, прогрессивных инструментов и других причин, потребует проведения новых экспериментов и накопления экспериментальных данных для построения статистических моделей. Поэтому для управления процессами в динамических системах в реальном времени требуются методы искусственного интеллекта.

Наибольшее распространение при проектировании ИСУ получили методы интеллектуального управления (ИУ), которые относятся: экспертные и нечеткие системы; нейронные сети и генетические алгоритмы.

Нейронные сети (НС) – раздел искусственно-го интеллекта, для обработки сигналов в котором

используются явления, аналогичные явлениям, происходящим в нейронах живых организмов. Их важнейшей особенностью является возможность параллельной обработки информации всеми звеньями. Громадное количество межнейронных связей позволяет значительно ускорить процесс обработки информации и сделать возможным преобразование сигналов в реальном времени. Большое число межнейронных связей обеспечивает устойчивость НС к ошибкам: в этом случае функции поврежденных связей берут на себя исправные линии и деятельность сети не претерпевает существенных возмущений.

Генетические алгоритмы (ГА) – большая группа методов адаптивного поиска и многопараметрической оптимизации, связанная принципами естественного отбора и генетики. Генетические алгоритмы – это методы случайного глобального поиска, копирующие механизмы естественной биологической эволюции. ГА оперируют с популяцией оценок потенциальных решений (индивидуумов), генерируя по принципу «выживает наиболее приспособленный» все более близкие к оптимальному решения. Процесс такой последовательной генерации приводит к эволюции популяций индивидуумов, которые лучше соответствуют окружающей среде по сравнению с предыдущими.

Таким образом, системный подход позволяет моделировать и управлять производственным технологическим процессом, представленным в виде отдельных блоков, что существенно упрощает описание сложных явлений, не упуская из вида пространственно-временную структуру моделируемой системы, характер связи между отдельными уровнями и подсистемами. При исследовании и разработке технических систем, включая сложные производственно-технологические системы, следует обеспечить на этапе синтеза заданные характеристики устойчивости и качества процессов управления, на этапе моделирования заданные либо достижимые показатели точности управляемых параметров.

В результате, рекомендовано при структурном анализе процесса комбинированной обработки, для детализации на SADT- диаграмме технологической операции, разделять группы наиболее значимых параметров качества, а по результатам статистического анализа моделей, полученных многофакторным планированием экспериментов, выделять для управления параметрами наиболее влиятельные и наименее коррелированные с другими технологические факторы.

К ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Родюков Денис, инженер, специалист по автоматизации проектирования

Инженер – это в большой мере творческая профессия. Каждому специалисту ежедневно приходится решать неординарные задачи, требующие знания из разных областей науки и техники, находить обоснованные компромиссы между экономической целесообразностью и качеством продукции, использовать проверенные временем решения с одновременным внедрением передовых разработок. Умственный труд занимает значительный процент времени разработки продукции. Но все же основная часть процесса приходится на рутинные операции, связанные с составлением технической документации, оформлением чертежей в соответствии с нормативной документацией, перечней материалов и прочих документов, работа над которыми зачастую сводится к механическому копированию и повторению на основании выработанного опыта и используемых стандартов.

В истории технического прогресса интеллектуальный труд долгое время оставался не механизированным (ручным). Переломным моментом стало создание компьютеров и специализированного программного обеспечения, которые стали вспомогательным инструментом для инженера. С течением времени и постоянным развитием эти инструменты значительно упростили процесс разработки. Но могут ли они заменить инженера? Может ли специалист по продажам, экономист или маркетолог спроектировать необходимое изделие без помощи инженера? Ответ на этот вопрос будет положительный, такие продукты существуют.

Основной принцип работы таких продуктов заключается в алгоритмизации существующих стандартов и создания конфигураций и правил для каждой составной части изделия. Таким образом, при изменении какой-либо характеристи-



ки составной части изделия все зависимые части адаптируются к новым условиям. Все параметры изделия автоматически пересчитываются и модель перестраивается. Поскольку компьютер знает обо всех требованиях и стандартах, то пользователю лишь остается запросить необходимые документы, которые будут также автоматически сгенерированы.

Исходя из задачи многократного воспроизведения и повторения, продукты для автоматического конфигурирования востребованы в случаях массового производства и наличия большого количества конфигураций изделия. Использование конфигураций уменьшает уникальность разработки.

Зачастую вышеупомянутые программные продукты внедряются в действующие системы планирования ресурсов предприятия (англ. ERP – Enterprise Resource Planning), что позволяет автоматизировать и синхронизировать взаимодействие всех отделов предприятия с конструкторским бюро. Вся конструкторская документация для сконфигурированного заказа может как генерироваться в автоматическом режиме без участия конструкторов, так и проходить промежуточный инженерный контроль.

Одним из самых известных продуктов для автоматизации проектирования является Autodesk Inventor® Engineer-to-Order, который позволяет легко взаимодействовать как с программным обеспечением данной компании - AutoCAD, Inventor, Vault и другие, так и с продуктами Microsoft Office и базами данных.

Из более универсальных решений, позволяющих взаимодействовать с различными системами проектирования, такими как NX, CATIA, Solidworks, Creo стоит упомянуть программный продукт концерна Siemens AG – Rulestream Engineer-to-Order – решение, позволяющее полу-

чать, управлять и повторно использовать корпоративную интеллектуальную собственность для автоматизации процессов проектирования на всем предприятии.

Принимая во внимание основной принцип работы системы – автоматическое проектирование в соответствии с заданными правилами и алгоритмами, данные системы имеют следующие преимущества:

- Повышение качества продукции:
 - исключение «человеческого фактора»;
 - неукоснительное исполнение алгоритмов и обязательное соответствие стандартам качества.
- Снижение себестоимости продукции:
 - сокращение расходов на инженерные кадры;
 - оптимизация трудовых и материальных ресурсов.
- Улучшение финансовых показателей предприятия:
 - уменьшение времени разработки продукции;
 - улучшение расчета себестоимости продукции;
 - быстрое представление коммерческих предложений;
 - улучшение прогнозирования доходности продукции;
 - упрощение масштабирования;
 - оптимизация преемственности и передачи знаний.

Из недостатков стоит отметить высокую начальную стоимость внедрения в связи с необходимостью создания требуемых конфигураций и обучением персонала.

Для предприятий, работающих в рыночных условиях, качество и себестоимость продукции играют ключевую роль. Этим объясняется широкое применение рассмотренных систем в странах Западной Европы, США, Канаде, Южной Корее и Японии.

ТРЕНАЖЕР ДЛЯ БОРЦОВ

Закерничный В.И., мастер спорта по дзюдо, к.т.н.; Павлович А.Э., к.т.н.

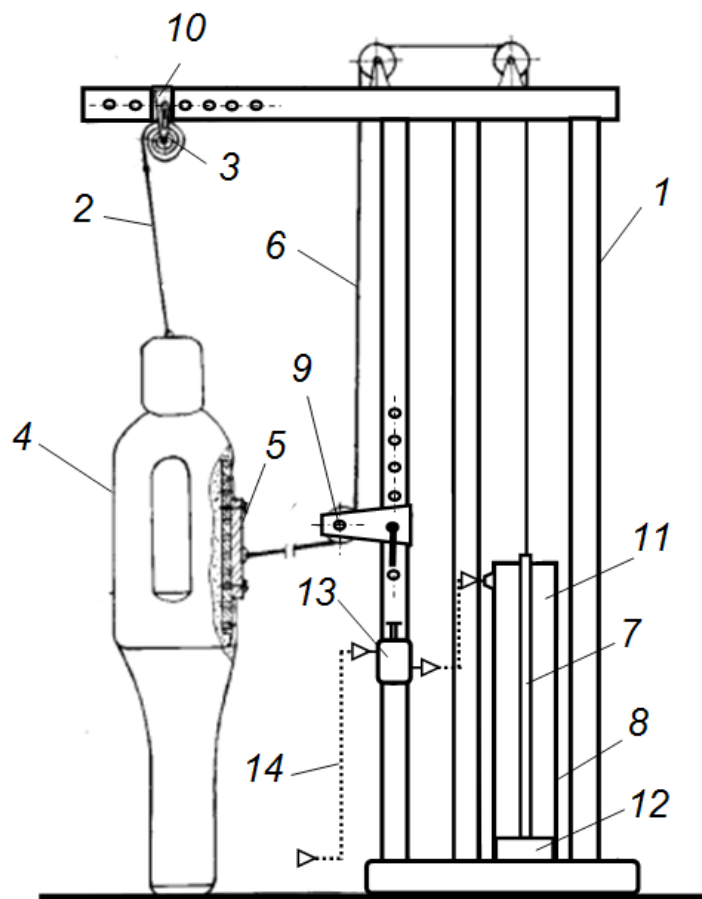
Тренировка борца – это специализированный процесс всестороннего физического воспитания, направленный на достижение высоких спортивных результатов, с использованием всей совокупности факторов (средств, методов и условий) для обеспечения готовности спортсмена к соревнованиям.

В значительной степени этому способствуют применяемые в тренировочном процессе технические средства, при создании которых должна учитываться специфика в биомеханике движений борцов. Она заключается в том, что постоянно возникают быстротечные изменения векторов скорости и усилий, создаваемые спортсменами. Это накладывает свой отпечаток на условия проектирования специальных средств для отработки техники выполнения борцовских приемов.

Для эффективного решения этой задачи, в качестве нагрузочного устройства на борцовском тренажере предлагается применять силовой цилиндр с пневмоприводом. В результате, в сравнении с борцовскими тренажерами, в которых применены другие системы нагружения (свободные веса, пружины, электротяга, т.д.), существенно увеличились максимальные усилия, уменьшился вес и габариты тренажеров, их работа стала менее шумной, появилась возможность плавного и комфортного изменения нагрузки и, что самое важное, пневмопривод обеспечил без инерционность этой нагрузки.

На рисунке показана принципиальная схема борцовского тренажера, ранее запатентованного [1] и модернизированного впоследствии за счет введения пневмопривода.

Борцовский тренажер содержит подвешенный к верхней опоре рамы 1 через трос 2 и спиральную пружину 3 манекен 4, который сзади, через встроенную в него пластину 5 и трособлочную систему 6 соединен со штоком 7 силового цилиндра 8, закрепленного на нижней опоре рамы 1.



*Принципиальная схема борцовского тренажера:
1 – рама; 2 – трос; 3 – спиральная пружина; 4 – манекен;
5 – пластина; 6 – трособлочная система; 7 – шток; 8 – силовой цилиндр;
9 – блочный кронштейн; 10 – пружинный кронштейн;
11 – штоковая полость; 12 – поршень; 13 – редуктор;
14 – пневмопровод*

Сила натяжения спиральной пружины 3 по величине равна весу манекена 1. Пластина 5 установлена на манекене 1 с возможностью регулировки ее положения в вертикальном направлении и соединена с трособлочной системой 6 через блочный кронштейн 9, который также имеет возможность своей регулировки, как и пружинный кронштейн 10, на котором закреплена спиральная пружина 3, соответственно, в вертикальном и горизонтальном направлении.

Штоковая полость 11 силового цилиндра 8 над его поршнем 12 сообщена через установленный на раме 1 редуктор 13 с пневмопроводом 14, соединенным, например, с компрессором.

На предлагаемом тренажере отрабатываются приемы борьбы в стойке путем смещения манекена 4 из его исходного положения. При этом приводится в движение трособлочная система 6, перемещающая шток 7 в силовом цилиндре 8 и, воздействуя на спиральную пружину 3, натягивается трос 2. Перемещение штока 7 и скручивание спиральной пружины вынуждают преодолевать «сопротивление» манекена 4, который моделируют сопротивление противника в условиях борцовской схватки. Причем манекен может располагаться в различных положениях, в том числе, и в крайнем нижнем горизонтальном положении.

Сила такого «сопротивления» регулируется редуктором 13, через который давление сжатого воздуха подается в штоковую полость пневмоцилиндра 8, воздействуя на полезную площадь его поршня 12.

После окончания выполнения упражнений ма-

некен под действием давления сжатого воздуха на поршень 12 силового цилиндра 8 и возвратного усилия спиральной пружины 7 возвращается в исходное положение.

Для получения рациональных параметров такого борцовского тренажера рабочие характеристики пневмопривода можно определять с помощью составленной математической модели на основе известной методики Е.В. Герца по расчету пневмоприводов в машиностроении [2]. При этом применяется дифференциальная форма характеристического уравнения для расхода воздуха, составленная на основе гиперболической функции с учетом определения коэффициентов расхода в пневмосопротивлениях и с разбиением переходного процесса течения сжатого воздуха на два режима (докритического и надкритического). Определялся момент перехода этих режимов при достижении критического режима с учетом операторов булевой алгебры, которые применялись также при определении переходных режимов впуска-выпуска сжатого воздуха через редуктор 13.

Это позволило при проектировании борцовского тренажера выбрать оптимальные параметры его пневматической и механической частей с учетом характера движения биозвеньев спортсмена во время проведения тренировки – от медленного и плавного до взрывного.

Применение борцовского тренажера модернизированной конструкции позволит разнообразить выполняемые упражнения, приблизив их к реальным условиям поединка, что ускорит повышение уровня мастерства борцов.

Источники информации

1. Закерничный В.И., Павлович А.Э., Соколов В.А. Борцовский тренажер. Патент ВУ 58 У, МПК А63 69/00В, 1999 г.
2. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмопривода. – М.: Машиностроение, 1975 г.

ОЧИСТКА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Шановалов Ю.П., директор ООО «Газоочистка и инжиниринг»

Эффективным решением для предприятий промышленности, как основных загрязнителей атмосферного воздуха, является запатентованный способ и установка очистки отходящих газов [1] в различных производствах металлургической, химической, пищевой, нефтеперерабатывающей промышленности, а также при нанесении и сушке лакокрасочных материалов, литейном производстве, при переработке продукции сельского хозяйства, включая мясопереработку. паров вредных органических веществ: аммиака, уайт-спирита, скипидара, формальдегидов, фурфуролов, третичных аминов, различных кетонов, углеводов, спиртов, эфиров, и др. веществ.

Вентиляционный воздух, удаляемый от технологического оборудования, с помощью вентилятора 1 (рис. 1) подается в абсорбер 2, где на массообменных решетках расположены слои насадки 3. Насадка непрерывно орошается абсорбентом, подаваемым насосом 5 и находится в «кипящем» состоянии, что обеспечивает интенсивный массообмен между газовой и жидкой фазами. В качестве абсорбента применяется техническая вода. Регенерация абсорбента осуществляется в биореакторе 4, где с помощью специально селекционированного штамма микроорганизмов вредные органические вещества минерализуются до CO_2 и H_2O . Очищенный абсорбент вновь подается на орошение в абсорбер. Установка имеет замкнутый цикл циркуляции абсорбента и не имеет стоков в канализацию. Очищенный вентвоздух после сепарации жидкости выбрасывается в атмосферу.

Такая установка внедрена в СНГ в литейном производстве, нефтехимии, (рис. 2), деревообработке, производстве стройматериалов и окрасочном производстве.

До очистки отходящий газ увлажняют, очистку ведут в три этапа, на первом из которых предварительно увлажненный отходящий газ пропускают в восходящем потоке через вытекающий из скруббера абсорбент. На втором этапе осуществ-

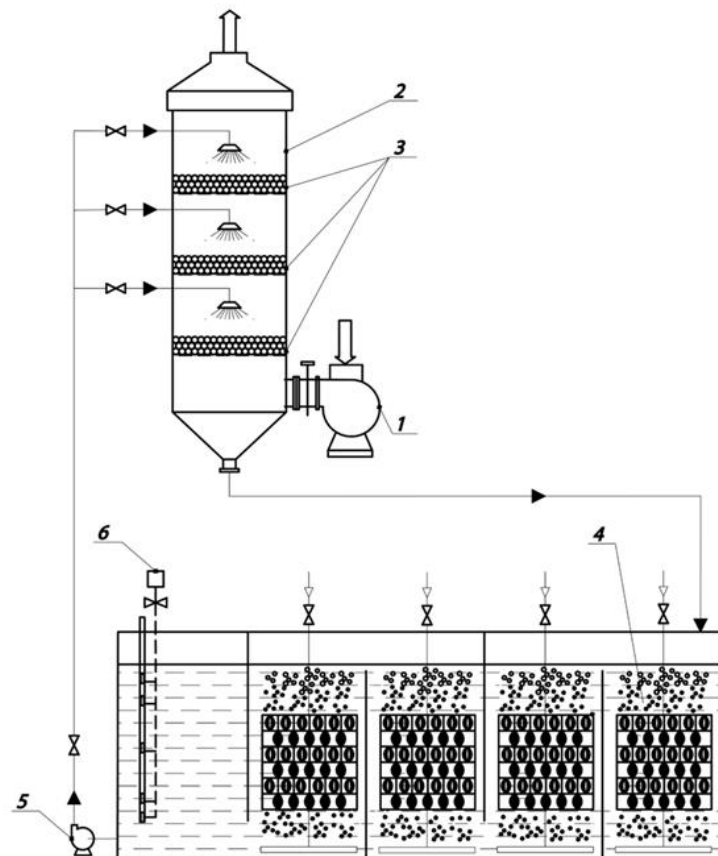


Рис. 1. Принципиальная схема установки очистки отходящих газов:
1 – вентилятор; 2 – абсорбер; 3 – шаровая насадка;
4 – биореактор; 5 – насос; 6 – контроль уровня

вляют упомянутую промывку жидким абсорбентом, а на третьем этапе формируют нисходящий поток газа и подают его в зону сбора абсорбента, содержащего уловленные взвешенные частицы и вредные органические вещества, с последующим формированием восходящего потока очищенного газа. При этом сбор абсорбента, содержащий уловленные взвешенные частицы и вредные органические вещества, с его последующей биохимической регенерацией и повторным использованием ведут на каждом из этапов очистки. Также на каждом из этапов очистку газов и биохимическую регенерацию абсорбента ведут под централизованным контролем в автоматическом режиме.

В общем случае в качестве жидкого абсорбента может использоваться техническая вода. Однако для повышения улавливания труднорастворимых органических веществ в ряде предпочтительных форм реализации в жидкий абсорбент вводят смесь анионоактивных и неионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ). Кроме того, жидкий абсорбент вымывает из отходящих газов также и взвешенные (нерастворимые) частицы, например песка, пыли, смолистых веществ и др.

В ряде наиболее предпочтительных случаев реализации заявляемого способа, применимых для очистки отходящих газов от широкого спектра вредных органических веществ, жидкий абсорбент содержит до 0,7 г/л анионоактивных и неионогенных поверхностно-активных веществ в отношении 1:1 до 0,2 г/л диаммония фосфата и воду.

Промывку газа проводят при расходе абсорбента, составляющем предпочтительно от 0,24 до 0,50 м³/ч на 1000 м³ отходящего газа.

Наиболее хорошие результаты по регенерации абсорбента можно получить при ее проведении при постоянной температуре от 5 до 35 °С и непрерывном отводе уловленных взвешенных частиц.

Для регенерации абсорбента используются подобранные и селекционированные штаммы микроорганизмов-деструкторов, иммобилизованных на синтетических нитях, которые био-



Рис. 2. Действующая установка очистки отходящих газов в литейном производстве

химически окисляют широкую гамму вредных органических веществ и ПАВ в водном растворе. Среди наиболее предпочтительных для использования в заявляемом способе можно назвать штаммы типа *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*.

Запатентованный метод с помощью упомянутой установки обеспечивает контроль абсорбционно-биохимической очистки, повышение эффективности и упрощение технологического процесса очистки, повышение надежности работы устройства и снижение энергозатрат на выполнение этих работ.

При этом, в сравнении с аналогами уменьшены габаритные размеры скруббера установки при сохранении эффективности и повышение жизнеспособности очистных элементов на основе штаммов микроорганизмов. Обеспечивается удаление из отходящих газов вредных органических веществ, по меньшей мере, до их предельно-допустимых концентраций (ПДК) в воздухе населенных пунктов и/или рабочих зон, предпочтительно ниже их ПДК.

Источники информации:

1. Патент ЕА 010270, МПК В01D 53/18, 44, 96, приоритет 26.12.2006, опубликован 30.06.2008.
2. ГазоочисткаИнжиниринг. Продукция. Электронный ресурс- <http://gazoocistka.by/> Дата доступа 19.02.2019.