

УДК 621.793.71

## ПЕРІОДИЗАЦІЯ РОЗВИТКУ ТЕХНІКИ НАПИЛЕННЯ ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ

Полонський Л.Г., докт. техн. наук, проф.

(Житомирський державний технологічний університет)

*У статті розглянуто вихідні принципи наукового підходу до проблеми періодизації історії розвитку техніки напилення газотермічних покриттів. Показано, що науковою періодизацією є обмеження основних часових відрізків розвитку цієї техніки, що в тій або іншій мірі різняться між собою. Запропоновано диференційований розподіл за стадіями, періодами і етапами.*

Орієнтація на виробництво, здатне забезпечувати високий рівень конкурентоспроможності продукції, є характерною ознакою сьогодишнього машинобудування. Одним із пріоритетів у розвитку техніки стало створення виробів з унікальним комплексом властивостей, недосяжних при використанні традиційних матеріалів та технологій, які забезпечуються формуванням, зокрема, і методами напилення різноманітних покриттів на поверхнях.

Напилення покриттів безпосередньо та у поєднанні з іншими видами обробки визнано сьогодні одним із найбільш перспективних засобів реалізації технічного напрямку, що ефективно забезпечує поліпшення надійності машин та конструкцій [1–5].

Основні зміни в даному виді покриттів, які вивели їх на нинішній рівень, відбулися протягом ХХ ст., хоча цілеспрямовано вдосконалення технологій, устаткування та матеріалів, що використовуються технікою напилення газотермічних покриттів (ГТП), здійснюється з середини ХVІ ст.

Беручи до уваги визначення терміну „техніка”, наведені у роботах [6–9], під технікою напилення ГТП будемо мати на увазі сукупність засобів праці і технічних процесів із постійно

змінюваною в часі структурою, завдяки яким методами напилення та механічної обробки на поверхні виробу забезпечується утворення покриття певного призначення з наданням йому відповідних форм, розмірів, шорсткості, а також необхідних експлуатаційних властивостей. Загальною відмінною ознакою технічних засобів напилення покриттів є їхня здатність переносити на основу, завдяки створеному відповідному температурному режиму та наявності напрямленого струменя робочого середовища, дисперговані частки того або іншого матеріалу.

Необхідність обґрунтованої періодизації розвитку газотермічних покриттів об'єктивно впливає з того, що тільки з її розробленням можна надіятись на правильні висновки з результатів еволюції цього технічного напрямку і глибше зрозуміти роль та місце даної техніки в суспільстві. Для отримання достовірних уявлень і знань про техніку напилення ГТП необхідно вичленити ті характерні відмінності, які лягли в основу окреслених часових меж розвитку.

Визначенні критеріїв періодизації в дослідженні використано положення та висновки багатьох науково-технічних та деяких історич-



них досліджень, зокрема [6–32]. Також взято до уваги і праці, основним завданням яких було висвітлення загальнотеоретичних проблем розвитку техніки [33–39].

Зважаючи на те, що різні дослідники дають і різні тлумачення та визначення основних історичних понять періодизації [6–9, 40], а також із метою підняття рівня уніфікації, однозначності в розумінні та використанні науково-історичних термінів стосовно техніки напилення ГТП, у роботі пропонується такий диференційований розподіл її існування:

1. Стадія. 2. Період. 3. Етап.

Для визначення стадій розвитку техніки напилення ГТП використано принцип розподілу функцій між людиною та технічними засобами, що застосовуються для формування покриття.

Як видно з визначення техніки напилення ГТП, основа її працездатності – це обов'язкова наявність високотемпературного високошвидкісного струменя робочого середовища, який дозволяє здійснювати перенесення диспергованих часток напилюваного матеріалу на основу і формувати покриття. Тому можна з великою ймовірністю стверджувати, що зародження цієї техніки, звичайно, спочатку всього лише на рівні знайомства з її примітивними засобами та прийомами розпочалося ніяк не раніше, а тільки після приборкання людьми вогню, тобто вже після того, як суспільство вийшло на рівень свідомого використання тепла.

Витоки техніки напилення ГТП, очевидно, необхідно шукати в древньому палеоліті та енеоліті, коли освоєння вогню дозволило оволодіти технологіями розплавлення металів.

Завершиться її використання, як це уявляється, знову ж таки, ніяк не раніше, а тільки після винайдення такої принципово відмінної техніки, яка зможе забезпечувати у форматі, не меншому як зараз, більш якісне та економічно доцільніше формування покриття.

У межах кожної зі стадій існування техніки напилення ГТП також проявляють себе певні фізичні і технологічні особливості даного технічного напрямку обробки поверхонь.

**Стадію** у нашому випадку можна визначити як довготривалий проміжок часу, що відображає якісний стан розвитку техніки напилення ГТП, протягом існування якого її принципова суть не змінюється. Як тільки відбувається різке поліпшення одного або кількох головних параметрів, можна говорити про зміну стадії розвитку.

Історично всяка техніка, в основному, проходить через такі стадії розвитку, як [6, 32]:

а) знаряддева; б) машинна; в) автоматична.

Стадії різняться між собою співвідношенням часток праці, що їх виконують людина і технічні засоби. Стосовно техніки напилення покриттів, яка зароджувалася в надрах техніки розпилення розплавлених металів, то **знаряддева стадія** її розвитку характерна тим, що впродовж неї утворення газового струменя для розпилення матеріалу відбувалося за допомогою використання мускульної сили людини. В кінцевому рахунку, і продуктивність цієї техніки та її якісні показники на даній стадії обмежувалися людськими фізичними можливостями.

Якщо вести відлік існування знаряддевої техніки напилення покриттів від початку розпилення розплавлених металів, то закінченням цієї стадії можна вважати повне витіснення зі вжитку притаманних їй знарядь праці і технологічних прийомів, які використовувались у процесах обробки на той час. Протягом декількох тисячоліть людство використовувало цю техніку, але тільки епізодично та надзвичайно локально з географічної точки зору (і не для напилення покриттів, а виключно для розпилення розплавів, в основному, з метою виготовлення порошків для декоративного оздоблення виробів).

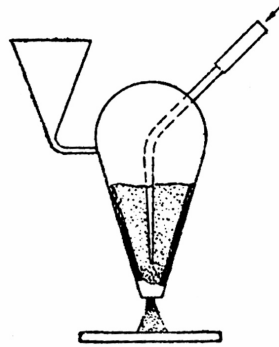
Цим пояснюється те, що на зняряд-девій стадії свого розвитку техніка розпилення розплавів не піддавалася абсолютно ніяким змінам. Основні показники, що характеризували її досконалість на цій стадії, знаходились у межах: швидкість руху розпилюваних часток  $v_c < 20$  м/с, температура – на рівні температур плавлення золота, міді та заліза.

І тільки в XVI ст. збільшення потреб у металевих порошках позитивно вплинуло на її вдосконалення.

Поява горизонтальних обертових дисків (перша згадка про них відноситься до середини XVI ст.), привід у дію яких здійснювався без застосування мускульної сили людини від водяного колеса, що дозволяло значно ефективніше розпилювати розплавлений метал з метою отримання порошоків, знаменувала собою початок **машинної стадії** розвитку техніки розпилення. А розроблення у 1902 р. американським інженером С. Терстоном, хоча іще й досить примітивного, але все-таки вже апарата у вигляді порошкового живильника в поєднанні з пристроєм для нагнітання повітря (рис.) [41–43], який за своєю конструкцією також не потребував використання мускульної сили людини для утворення швидкісного струменя робочого середовища (повітря і металевий порошок), означало відокремлення від техніки розпилення розплавів нового технічного напрямку, що передбачав застосування температури і струменя газу за іншим призначенням, і знаменувало початок робіт по створенню напилювальної техніки практично у тому вигляді, який вона має сьогодні, тому що тільки з його появою відомий спосіб отримання порошоків за допомогою розпилення почав використовуватися безпосередньо для утворення покриттів. Ця ж дата знаменує і початок машинної стадії безпосередньо техніки напилення ГТП у її сучасному вигляді.

Отже, початковою датою машинної стадії будемо вважати саме середину XVI ст., коли з'явилася техніка розпи-

лення розплавів, яка стала забезпечувати диспергування рідкого металу відповідними технічними засобами, що дозволило розпочати процес поступового усунення людини від цієї операції. На машинній стадії в структурі техніки розпилення розплавів (пізніше вона перейшла і в техніку напилення ГТП) поряд із виконуючою ланкою з'являється іще одна складова, яка починає виконувати функцію своєрідного „формульальника” струменя робочого середовища. Людина при цьому, однак, ні в якому разі не витісняється повністю з процесу розпилення, а просто її участь вже починає дещо обмежуватися.



*Перший напилювальний апарат конструкції С. Терстона [11]*

Створення генератора швидкісного потоку диспергованих часток розпилюваного матеріалу та генератора струменя робочого середовища (водяного колеса на перших порах, а пізніше – балонів зі стиснутим газом, відводів від газових магістралей, компресорів тощо) в історичному розрізі означало піднесення техніки напилення на більш високий ступінь досконалості.

З цього моменту техніка напилення ГТП почала поступово утворювати стабільну структуровану систему або, якщо говорити іншими словами, – внаслідок якісного стрибка відбувся її перехід на системний рівень розвитку.

На сьогодні кінцевим наслідком розвитку техніки напилення ГТП на її

машинній стадії, яка продовжується і зараз, є поява та широке розповсюдження устаткування, що являє собою напилувальні установки. Продуктивність напилення досягла майже 300 кг/год, швидкість напилуваних часток – 180 м/с, вдалося отримати покриття з пористістю у межах 10...20 %.

У процесі подальшого становлення в техніці напилення ГТП з'явилася нова складова, яка почала виконувати певні функції управління параметрами напилення та деякі допоміжні, тим самим продовжуючи процес усунення людини від формування покриття. Якщо висловлюватися більш точно, то вдалося реалізувати ідею відсторонення людини від виконання багатьох допоміжних операцій, які є обов'язковими при здійсненні процесу напилення покриття. Відбувся черговий перебіг у розвитку – на зміну машинній прийшла **автоматична стадія** [44–51]. У напилувальних технічних засобах насамперед було автоматизовано подачу у робочу зону матеріалу (1912–1917 рр.). Остаточно сформувалася ця стадія набагато пізніше, в 50-і рр. ХХ ст., коли для напилення покриттів розпочалося використання енергії плазми та вибуху.

Сучасний же рівень автоматичної стадії вирізняється все значнішим впровадженням у промисловість автоматизованих напилувальних комплексів, причому навіть із устаткуванням, яке забезпечує і остаточну механічну обробку [52–53]. Сьогодні створене та виготовляється серійно автоматизоване напилувальне устаткування, що здійснює весь цикл формування покриття також і без участі людини.

Загальну продуктивність техніки напилення ГТП на автоматичній стадії було свідомо зменшено. Але інші показники, зокрема, швидкість руху напилуваних часток  $v_c$ , температура плавлення часток  $T_c$  – поліпшилися і досягли значень:  $v_c > 1000$  м/с,  $T_c \geq 3000$  °С.

**Періодом** у розвитку техніки напилення ГТП будемо вважати відрізок

часу в межах однієї або кількох стадій, впродовж якого об'єкт дослідження не зазнає якісних змін. Періодизація техніки передбачає, насамперед, зміни в її енергетичній основі [8, 54]. Беручи до уваги основні засади цілої низки досліджень [55–57], можна чітко визначити чотири періоди розвитку техніки напилення ГТП.

Першим, початок якого практично повністю співпадає з початком її знаряддевої стадії, будемо вважати **період** – назвемо його умовно, – **тигельної техніки напилення ГТП**. У якості енергетичної бази впродовж нього виступає тепло попередньо розплавленого металу. Широке використання розплавів продовжувалося дуже довго, майже до середини ХХ ст. Починаючи з середини 1950-х рр., розплави поступово вийшли зі вжитку, а сьгодні техніка напилення, що працює на розплавлених металах, переживає новий підйом. Цьому сприяє те, що, поряд із напиленням покриттів, вона знайшла застосування і при виконанні формуювальних операцій.

Такі показники досконалості покриттів як міцність їх зчеплення з основою  $\sigma_{зч}$  і пористість протягом періоду тигельної техніки напилення сягнули відповідно значень 50 МПа і 25 %.

На рубежі ХІХ–ХХ ст., вже у межах машинної стадії розвитку, найбільше розповсюдження отримало нагрівання та розплавлення напилуваних матеріалів теплом спалюваного горючого газу. Це сприяло формуванню наступного періоду розвитку – **періоду газової техніки напилення ГТП**. Застосування теплоти від спалювання газу дозволило суттєво зменшити пористість покриттів і досягти  $\sigma_{зч} = 200$  МПа.

Деяко пізніше (кінець 30-х рр. ХХ ст.) на зміну попередньому прийшов **період електричної техніки напилення ГТП**, який характеризувався стрімким розширенням застосування устаткування на електричній енергетичній базі. Основні пока-

знижки досконалості покриттів під час нього не було поліпшено, але різко збільшилися корисні енергетичні витрати, які вдалося довести до 60...70 % (для порівняння, при використанні газової техніки напилення вони становлять 5...8 %).

Же в рамках автоматичної стадії розвитку період електричної техніки змінив (середина 50-х–70-і рр. XX ст.) **період комплексної техніки напилення ГТП**, головною ознакою існування якого стало те, що поряд із розплавами, газовими та електричними джерелами енергії розпочалося та інтенсивно розширюється використання енергії плазми і вибуху, а також комбінацій різних енергетичних джерел. Показники досконалості техніки напилення ГТП почали характеризуватися величинами:  $\sigma_{34} > 200$  МПа; пористість – 0,5...1,0 %.

Визначення **етапів** розвитку в дослідженні здійснено за принципом відслідковування змін у домінуючому призначенні техніки напилення ГТП. Взагалі прослідковується три етапи використання її за певним призначенням, які хронологічно в основному співпадають з успіхами в освоєнні нових матеріалів.

Освоєння золота, міді, заліза, сталі, інших металів, зокрема, стійких проти корозії, а також розширення технічної інфраструктури суспільства за рахунок появи в ній великої кількості металевих конструкцій створили наприкінці XIX–на початку XX ст. умови для стано-влення газотермічних покриттів декоративного та захисного призначення (**етап декоративно-захисної техніки напилення ГТП**).

Напилені покриття насамперед почали застосовуватися для оздоблення виробів або як антикорозійні. При цьому необхідно особливо підкреслити, що надзвичайно прості і на перших порах недосконалі технічні засоби напилення та обмеженість кола напилюваних матеріалів, а також і стан розвитку всієї суспільної техніки не могли відразу забезпечити розширеного фун-

кціону-вання техніки напилення ГТП у промисловому виробництві. Сфера її застосування тут спочатку обмежувалася виключно захистом від корозії поверхонь металевих конструкцій різноманітних простих технічних об'єктів. З якісного боку покриття на цьому етапі розвитку характеризувалися низькою твердістю (*НВ* 35...180).

Особливо бурхливий подальший технічний розвиток суспільства, поява матеріалів, стійких проти спрацювання, виникнення дефіциту багатьох традиційних конструкційних матеріалів, підняття на значно вищий якісний рівень швидкісних, силових, температурних, динамічних та інших характеристик машин і механізмів, а також, одночасно з цим, неспроможність існуючої матеріально-технічної та ремонтної бази за рахунок використання на той час методів реновації забезпечити безперебійність експлуатації такого надбання людства наприкінці 20-х – на початку 30-х рр. XX ст. зумовили використання техніки напилення ГТП у процесах відновлення спрацьованих деталей засобів праці (**етап відновлювальної техніки напилення ГТП**). Цьому сприяло і бажання (а часто – і необхідність) продовження терміну експлуатації машин і механізмів із найменшими витратами.

Твердість покриттів уже вдалося довести до *HRC<sub>c</sub>* 45...50, що дозволяло загалом забезпечувати безперебійність роботи відновлених об'єктів протягом усього міжремонтного періоду.

І, нарешті, поява принципово нових видів техніки, які почали активно використовувати найновіші надбання в галузі матеріалознавства (зокрема, отримали розповсюдження тугоплавкі та жаростійкі матеріали), всебічне освоєння повітряного та водного просторів, проникнення людини в космос і, внаслідок цього, вихід на пероводі рубежі вимог до міцності і довговічності деталей машин, подальше інтенсивне зростання інших технічних характеристик викликали і появу напилених покриттів зміцнювального та спеціально-

го призначення (етап зміцнювальної техніки напильнення ГТП) (середина 1950-х рр.) [58–64].

Твердість покриттів на цей час досягла рівня  $HRC_e 60...68$ .

Визначаючи межі існування стадій, періодів та етапів розвитку техніки напильнення ГТП в узагальненому плані, ми бачимо, що вони не обов'язково змінюються почергово, а, як правило, хронологічно суміщуються, і це є однією з багатьох особливостей даного виду техніки.

Висунута на основі діалектичного підходу до історії газотермічних покриттів концепція їхньої появи та удосконалення дозволила розробити періодизацію розвитку техніки напильнення, що показує цілісну картину її становлення в зв'язку з потребами суспільст-

ва, різних галузей машинобудування та прогресом суміжних науково-технічних напрямків на принципах відображення змін у:

а) співвідношенні часток праці, виконуваних при утворенні покриття людиною і технічними засобами;

б) її енергетичній основі;

в) домінуючому призначенні напильних покриттів.

Розроблений формальний апарат аналізу розвитку техніки тигельного, газополуменевого та електродугового напильювання газотермічних покриттів при дослідженні інших історичних аспектів їхньої еволюції дає можливість дотримуватися однозначності різноманітних якісних і кількісних характеристик.

### ЛІТЕРАТУРА

1. История техники / Авт. кол.: А.А. Зворыкин, Н.И. Осьмова, В.И. Чернышёв, С.В. Шухардин. – М.: Соцэкгиз, 1962. – 772 с.

2. Мелешенко Ю.С. Техника и закономерности её развития. – Л.: Лениздат, 1970. – 246 с.

3. Каменев А.Ф. Технические системы: закономерности развития. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 216 с.

4. Кириллин В.А. Страницы истории науки и техники. – М.: Наука, 1986. – 512 с.

5. Рыбаков Б.А. Ремесло Древней Руси. – М.: Изд-во АН СССР, 1948. – 792 с.

6. Шухардин С.В. Основы истории техники. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 278 с.

7. Добров Г.М. Наука о науке. – К.: Наук. думка, 1989. – 304 с.

8. Белькинд Л.Д., Конфедератов И.Я. История техники. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1956. – 491 с.

9. Осьмова Н.И. О так называемом „технологическом детерминизме“ // Вестник истории мировой культуры. – 1959. – № 4(16). – С. 42–53.

10. Давидовская Е.А. Металлизация как средство защиты от коррозии // Коррозия, защита от коррозии и электролиз: Сб. ст. – М.: Машгиз, 1948. – С. 86–138.

11. Катц Н.В., Линник Е.М. Электрометаллизация. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 224 с.

12. Дмитриевич А.М. Технология металлизации распылением. – Минск: Госиздат БССР, 1958. – 196 с.

13. Красниченко Л.В. Современная технология металлизации распылением. – М.: Трудрезервиздат, 1958. – 94 с.

14. Ефремов В.В. Хромирование и металлизация в авторемонтном деле. – М.–Л.: Гострансиздат, 1936. – 56 с.

15. Максимович Б.И. Газотермическое напыление деталей горно-шахтного оборудования // Восстановление и упрочнение деталей машин от износа методами покрытий и наплавов износостойкими порошками: Матер. науч.-практической конф. на базе Навоийского горно-металлургического комбината, май 1980 г., г. Навои. – Навои: Б. и., 1980. – С. 42–50.

16. Богорад Л.Я., Гакман Э.Л. Покрытие металлов сплавами (обзор отечественного и зарубежного опыта). – М.: ЦИНТИМАШ, 1962. – 97 с.

17. Соснин Н.А., Тополянский П.А., Ермаков С.А. Плазменно-дуговое упрочнение деталей машин // Машиностроитель. – 1985. – № 9. – С. 28.

18. Антонов И.А., Васильев К.В. Развитие дуговой резки и напыления // Развитие электродуговой сварки и резки металлов в СССР: Матер. Всесоюз. конф. / Ред. кол.: Д.А. Дудко (отв. ред.), А.Н. Корниенко, Н.М. Матийко и др. – К.: Наук. думка,

1982. – С. 79–85.

19. Недзельский М.Д. Металлизация с применением защитных атмосфер. – Иркутск: Иркутск. книжн. изд-во, 1957. – 44 с.

20. Катц Н.В. Металлизация тканей. – М.: Лёгкая индустрия, 1972. – 144 с.

21. Харламов Ю.А. Детонационно-газовые установки // Сварочное производство. – 1989. – № 11. – С. 21–24.

22. Видута А.И., Парижский В.А. Покрытие поверхностей металлами // Тяжёлое машиностроение. – 1935. – № 4. – С. 65–67.

23. Рекомендации по применению порошковых материалов при восстановлении деталей сельскохозяйственной техники / Руков. авт. кол. В.И. Черноиванов. – М.: ГОСНИТИ, 1983. – 52 с.

24. Козлов Д.А. Ремонт и межремонтное обслуживание металлорежущих станков. – Минск: Госиздат БССР, 1961. – 342 с.

25. Литвинович Н.Ф. Обработка твёрдо-сплавных покрытий. – М.: НИИТЭХИМ, 1983. – 42 с.

26. Харламов Ю.А. Обработка резанием деталей с покрытиями. – М.: ВНИИТЭМР, 1991. – 68 с.

27. Хинкус Я. Металлизация по способу Линника // Наука и техника. – 1933. – № 5–6. – С. 7–8.

28. Донской А.В., Клубникин В.С. Электроплазменные процессы и установки в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1979. – 221 с.

29. Кудинов В.В., Пузанов А.А., Замбр-жицкий А.П. Оптика плазменных покрытий. – М.: Наука, 1981. – 188 с.

30. Шоршоров М.Х., Кудинов В.В., Харламов Ю.А. Состояние и перспективы развития нанесения покрытий распылением // Физика и химия обработки материалов. – 1977. – № 5. – С. 13–24.

31. Кудинов В.В., Иванов В.М. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий. – М.: Машиностроение, 1981. – 192 с.

32. Харламов Ю.А. Системный анализ детонационного напыления покрытий // Порошковая металлургия. – 1981. – № 4. – С. 24–31.

33. Белькинд Л.Д., Конфедератов И.Я. История техники. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1956. – 491 с.

34. Кузин А.А. К вопросу о периодизации всеобщей истории техники // Там само. – 1981. – № 4. – С. 35–42.

35. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка. – М.: Высшая школа, 1981. – 256 с.

36. Розробка устаткування для термомеханічного зміцнення деталей машин в електромагнітному полі / Л.М. Акулович, В.С. Ольшевський, Л.Г. Полонський, М.Л. Хейфець // Вісник ЖІТІ. – 2001. – Спеціальний випуск. – С. 23–28.

37. Борисов Ю.С. Современные тенденции в развитии газотермического напыления покрытий // Плёнки и покрытия '98: Тр. 5-й Междунар. конф., 23–25 сентября 1998 г., г. Санкт-Петербург. – СПб.: Полиплазма, 1998. – С. 14–19.

38. Максимович Б.И. Газотермическое напыление деталей механизма газораспределения автомобиля ВАЗ // Автомобильная промышленность. – 1983. – № 7. – С. 23–24.

39. Шишина Р.М., Казаков А.П. Новые направления в проектировании предприятий по восстановлению изношенных деталей. – М.: ЦНИИТЭИ, 1984. – 30 с.

40. Шашков А.Н. Газопламенная обработка в 1959–1965 гг. // Сварочное производство. – 1959. – № 5. – С. 1–4.

41. Потоцкий В.М. О новых способах металлизации // Автогенное дело. – 1945. – № 2–3. – 3-я с. обложки.

42. Ивашенко Н.И. Техника ремонта автомобилей. – К.: Выща школа, 1977. – 360 с.

43. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.

44. Катц Н.В. Восстановление деталей текстильных машин металлизацией. – М.: Лёгкая индустрия, 1968. – 191 с.

45. Яровицын В.И., Сафронов А.Я. Восстановление коленчатых валов методом электрометаллизации // Торфяная промышленность. – 1955. – № 7. – С. 11–12.

46. Эдельсон А.М. Восстановление турбинного вала способом металлизации распылением // Электрические станции. – 1956. – № 2. – С. 55.

47. Коллегов Е.В. Поршни дизеля 2Д100 с керамическими покрытиями // Вестник НИИ железнодорожного транспорта. – 1965. – № 1. – С. 24–28.

48. Дунаевский В.И. Защитные покрытия в металлургическом машиностроении // Защитные покрытия в машиностроении: Матер. XXII Всесоюз. сессии / Ред. кол.: К.А. Ющенко (отв. ред.), В.А. Мовчан, Ю.С. Борисов, А.Л. Борисов

ва. – К.: Наук. думка, 1990. – С. 166–172.

49. Харакер А.М. Сварочное оборудование и средства механизации, изготавливаемые отраслями машиностроения // Сварочное производство. – 1983. – № 5. – С. 33–36.

50. Яковец Ю.В. Закономерности научно-технического прогресса и их планирование. – М.: Экономика, 1984. – 240 с.

51. Яковлев Г.М., Сбрижер А.Г., Манойло Е.Д. Газотермическое напыление самораспространяющихся сплавов // Теоретические и технологические основы наплавки / Под ред. И.И. Фрумина. – К.: ИЭС им. Е.О. Патона АН УССР, 1977. – С. 78–83.

52. Симоненко О.Д. Принципы исследования истории технических наук (на примере электротехники): Методич. Разработка. – М.: Ин-т истории естествознания и техники АН СССР, 1989. – 15 с.

53. Харламов Ю.А. Классификация детонационно-газовых установок для нанесения покрытий // Теория и практика газотермического нанесения покрытий: Тез. докл. X Всесоюз. совещания, июнь 1985 г., г. Дмитров Московск. обл. – Дмитров: Б. и., 1985. – В V т. – Т. IV. – С. 20–23.

54. Шашков А.Н. Состояние и основные задачи газопламенной обработки металлов // Газопламенная обработка металлов: Тр. Всесоюз. науч.-техн. конф., октябрь 1954 г., г. Одесса. – М.: Машгиз, 1956. – С. 3–15.

55. Краснов В.Н., Слепцов В.М. Плазменное напыление тугоплавких соединений // Машиностроение. – 1965. – № 4. – С. 87–89.

56. Патон Б.Е. Сварка в мире будущего // Автоматическая сварка. – 1963. – № 2.

– С. 2–9.

57. Кречмар Э. Напыление металлов, керамики и пластмасс. – М.: Машиностроение, 1966. – 432 с.

58. Кудинов В.В. Нанесение покрытий распылением // Плазменные процессы в металлургии и технологии неорганических материалов / Отв. ред. Б.Е. Патон. – М.: Наука, 1973. – С. 158–187.

59. Poggendorff J. C. Biographisch-literarisches Handwörterbuch für Mathematik, Astronomie, Physik mit Geophysik, Chemie, Kristallographie und verwandte Wissensgebiete. – Band VI: 1923 bis 1931. – IV. Teil. – S–Z. – Berlin: Verlag chemie, G. M. V. H., 1940. – S. 2360.

60. Шашков А.Н. Газопламенная обработка за 40 лет // Сварочное производство. – 1957. – № 11. – С. 5–17.

61. Кислов В.В. Принципы многоаспектной периодизации развития технических средств // 100-летие изобретения сварки по методу Н.Г. Славянова и современные проблемы развития сварочного производства: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф., 14–16 сентября 1988 г., г. Пермь. – Пермь: Б. и., 1988. – В II ч. – Ч. I. – С. 8.

62. Одрин В.М., Картавов С.С. Морфологический анализ систем. – К.: Наук. думка, 1977. – 148 с.

63. Шалевич В.А. Общие основы техники, или политехника. – К.: УМК ВО, 1989. – 116 с.

64. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А. Теорія технічних систем. – К.–Тернопіль: Б. в., 1998. – 310 с.

*Полонский Л.Г. Периодизация развития техники напыления газотермических покрытий. В статье рассмотрены принципы научного подхода к проблеме периодизации истории развития техники напыления газотермических покрытий. Показано, что научной периодизацией является ограничение основных временных отрезков развития этой техники, которые в той или иной мере разнятся между собой. Предложено дифференцированное распределение по стадиям, периодам и этапам.*

**Polonsky L.G. Periodization of development of technics of a dusting of gas thermal coverings.** *In article principles of the scientific approach to a problem of a periodization of history of development of technics of a dusting gas thermal coverings are considered. It is shown that a scientific periodization is restriction of the basic time pieces of development of this technics which it is to some extent separated among themselves. The differentiated distribution on stages, the periods and stages is offered.*