

1. А.с.1147346 (СССР) Цилиндрическая щетка / Е.В. Перепичка, Я.М. Литвиняк, И.И. Василенко Отубл. 1985, БИ 12. 2. Панасюк В.В., Теплий М.І. Деякі контактні задачі теорії пружності. К., 1975. 3. Литвиняк Я.М. Динамічна взаємодія тороподібного індентора з пружнопластичним на півпростором // *Машинознавство*, 1998. № 7. С. 10 - 12.

УДК621.385.

Стоцько З.А., Марець Т.В.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра “Напівпровідникове і електровакуумне машинобудування”

МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ

© Стоцько З.А., Марець Т.В., 2000

Розглянуто спосіб і метод автоматизованого техпроцесу нанесення покриттів на поверхні складної форми. Подано математичну модель формування багатокуюльового покриття. Наведені рекомендації щодо різновтовщинності покриття.

The mode and method of drawing, automated to a process engineering, of coverings on a surface of the complicated form is considered. The mathematical model of shaping a lot of spherical covering is submitted. The recommendations concerning uniform of a covering are sent.

Під час нанесення покриттів на вироби складної форми (циліндричні спіралі підігрівника) робочі рухи виробу і рух подачі розпилювача ускладнюються, оскільки необхідно узгодження рухів розпилювача і підігрівника з врахуванням характеру розподілу маси покриття від центра струменю розпилювача і довжини підігрівника, а також забезпечення комбінацій рухів розпилювача і підігрівника для нанесення рівномірного по товщині покриття по зовнішній, внутрішній і міжвиткових поверхнях підігрівників.

Розглянемо розподіл покриття по зовнішній поверхні витка спіралі підігрівника для обраної схеми напилювання формування одного шару покриття здійснюється накладенням чотирьох слідів струменю аерозолі (за чотири проходи розпилювача) (рис. 1).

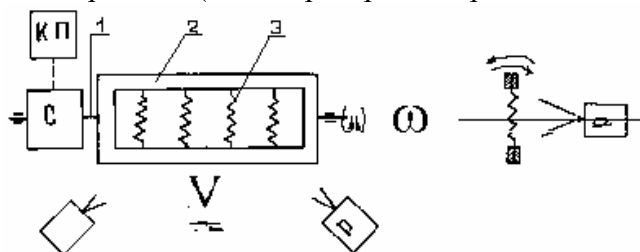


Рис.1. Схема нанесення покриття на циліндричні спіралі: Р – розпилювач; КП – контрольний пристрій; С – свідок; 1 – шпиндель; 2 – касета; 3 – підігрівач.

Касету 2 з попередньо завантаженими підігрівачами 3 і свідком С встановлюють у шпинделі 1. Контрольним пристроєм КП встановлюють задану товщину покриття. Приводом включають обертовий рух касети ω і поступальний рух V каретки з

розпилювачем Р. Одночасно подають команду на включення розпилювача Р. Розпилювач з нахилом струменю ліворуч переміщається вздовж касети з підігрівачами і свідка, наносячи покриття (рис. 3,а), при зворотному ході нахил струменю – праворуч (рис. 3,б). Перед наступним подвійним ходом розпилювача обертовий рух касети реверсується (рис. 3,в, 3,г). Отже, формування одного шару покриття здійснюється накладанням чотирьох слідів струменю аерозоля (за чотири проходи розпилювача) (рис. 2, рис. 3, рис. 4).

Під час обертання спіралі навколо її поперечної осі і положенні розпилювача під кутом 45° до неї (положення I або II) (рис.3) крайні ділянки спіралі будуть по відношенню до струменю зустрічними або побіжними.

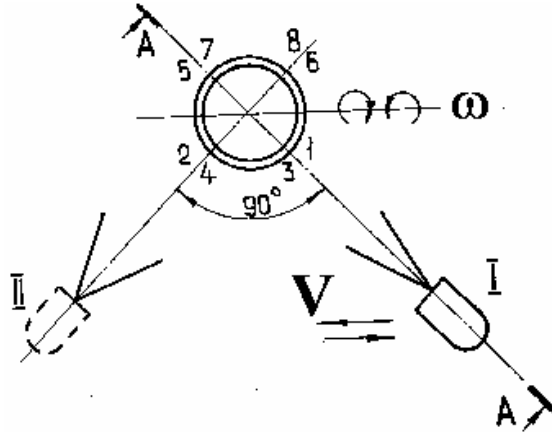


Рис.2. Технологічна схема способу нанесення покриття.

При положенні I розпилювача з рухом А ліворуч і лівосторонньому обертовому русі (рис. 3,а) ділянки спіралі 1-7-2-8 будуть зустрічними, відповідно ділянки спіралі (3-5-4-6 – побіжними).

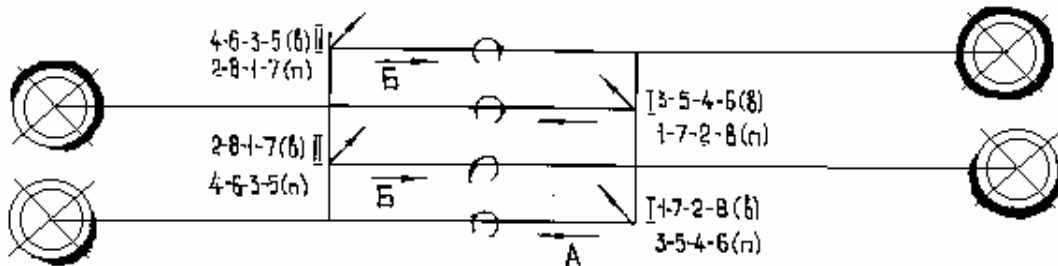


Рис.3. Схема циклу нанесення одного шару покриття.

Для формування ідентичного покриття за витками спіралі в положенні II розпилювач повертається на кут 90° (і здійснює зворотний рух Б при тому ж лівому обертанні спіралі). При цьому ділянки спіралі 2-8-1-7 залишаються зустрічними, а 4-6-3-5 – побіжними. Під час одного подвійного ходу розпилювача з поворотом на 90° (при незмінному обертовому русі спіралі на зустрічних ділянках формується товщина сліду h_3 , на центральних ділянках товщина сліду h , на побіжних ділянках товщина сліду h_p . Якщо товщина сліду струменів у центральній частині (по осі розпилювача (рис.5) h , то товщина сліду зустрічної частини $h_3=h+\Delta h$, а товщина сліду побіжної частини – $h_p=h-\Delta h$.

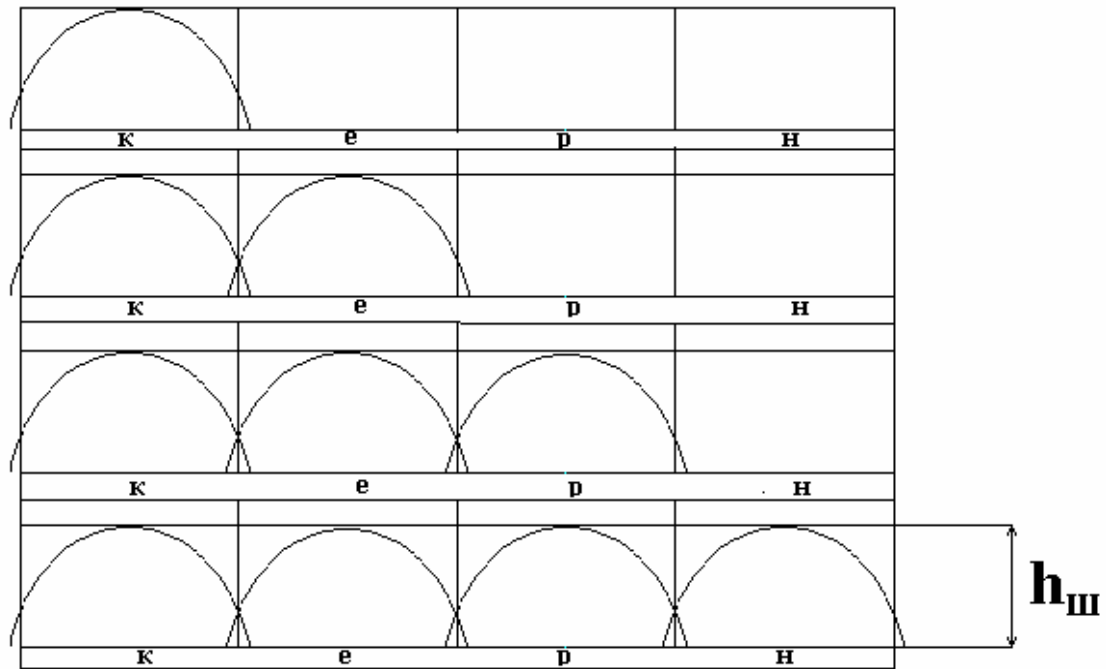


Рис.4. Схема формоутворення шару покриття за витком спіралі.

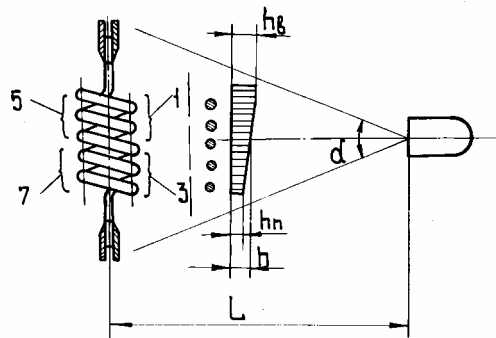


Рис.5. Схема розподілу товщини покриття по довжині спіралі.

Для формування рівномірного шару по довжині спіралі обертовий рух реверсується під час повороту розпилювача на кут 90° у положення I з рухом А ліворуч, при цьому ділянки спіралі 3-5-4-6 стають зустрічними, а 1-7-2-8 – побіжними у положенні II розпилювач повертається на кут 90° , і здійснює рух Б при реверсованому обертальному русі. Під час цих змінних рухів на побіжних ділянках 1-7-2-8 - додається товщина сліду h_n , на зустрічних ділянках 3-5-4-6 додається товщина сліду h_3 . Шар покриття по всіх ділянках вирівнюється і стає $h_{ш} = h_3 + h_n$ (рис. 6,а) – для зустрічно-побіжних ділянок, $h_{ш} = h + h$ (Рис.6,б) – для центральних ділянок, $h_{ш} = h_n + h_3$ (Рис.6в) – для побіжно-зустрічних ділянок.

Покриття формується багатошаровим накладанням слідів струменю, тому

$$h_{ш} = \sum_{i=1}^n h_{ш_i},$$

де n – кількість циклів нанесення.

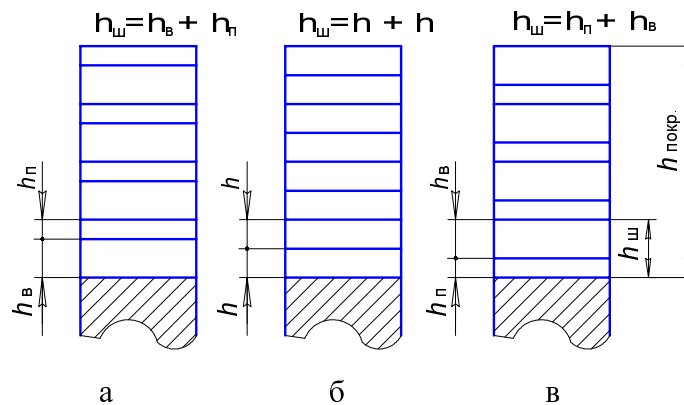


Рис.6. Схема формоутворення шару на ділянках спіралі:
а – зустрічно-побіжні; б – центральні; в – побіжно-зустрічні.

Формування покриття на поверхнях спіралі здійснюється накладанням слідів струменю аерозоля, що виходить з розпилювача і визначається формою сліду [1].

Товщина покриття на сліді під час використання щілинних розпилювачів з подвійним розпиленням визначається як

$$H = \eta \frac{0,7 G}{\pi V \gamma L \left(\frac{aL}{R_0} + 0,29 \right) \cdot \operatorname{tg} \alpha} \cdot e^{-\lambda(x)^{\frac{5}{2}}},$$

де η – коефіцієнт осідання речовини; G – витрата суспензії; V – швидкість розпилювача; L – відстань "розпилювач-підігрівник"; a – характеристика турбулентності струменю; R_0 – розмір отвору сопел розпилення; α – кут струменю; λ – параметр розподілу сліду; x – відстань від осі сліду до вимірюваного шару.

Під час розрахунку товщини і різнововщинності покриття для вибраної схеми нанесення зовнішньої і внутрішньої поверхонь одного витка і розподіл товщини по довжині підігрівача. Тоді різнововщинність ΔH визначиться як

$$\Delta H = \eta \frac{0,7G}{\pi V \gamma \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \alpha} \left[\frac{1}{L_1 \left(\frac{aL_1}{R_0} + 0,29 \right)} - \frac{1}{L_2 \left(\frac{aL_2}{R_0} + 0,29 \right)} \right] \cdot e^{-\lambda(x)^{\frac{5}{2}}}$$

Враховуючи що

$$L_2 = L + d_c - d_k;$$

де L_1 – відстань "розпилювач-зовнішня поверхня"; L_2 – відстань "розпилювач-внутрішня поверхня"; d_c – діаметр спіралі; d_k – діаметр керна.

На рис.7 показаний розподіл товщини покриття по поперечному перетині сліду для розпилювачів з подвійним розпиленням залежно від відстані "розпилювач-підігрівник". Ділянки, що дають нерівномірність товщини до 10% становлять відповідно 12...20 мм для відстані "розпилювач-підігрівник". Тобто, таким струменем можна накладанням достатньої кількості паралельних слідів досягти необхідної рівномірності товщини для підігрівників із довжиною частини, що покривається, $L \leq 20$ мм. Щоб отримати рівномірне покриття для спіралей з $L > 20$ мм, мабуть, необхідно здійснювати нанесення покриття по довжині в декілька рядів. При цьому, природно, продуктивність процесу буде знижена. Якщо

формування покриття здійснювати двома розпилювачами (рис.8), тобто накладенням двох факелів, то спіраль буде охоплена результуючим слідом, що забезпечує рівномірність покриття по всій довжині.

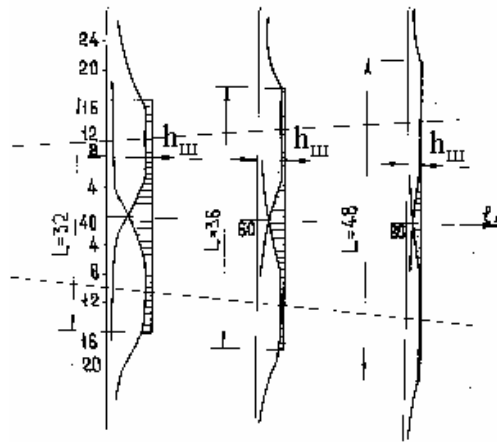


Рис.7. Схема розподілу покриття під час нанесення здовгим розпилювачем.

Для зменшення різновтовщинності покриття по поверхнях підігрівача для вибраної схеми нанесення використовують здовгий розпилювач (два розпилювачі, які встановлюють на відстані d).

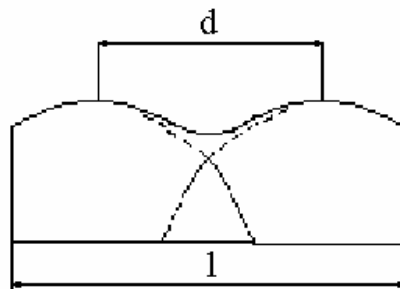


Рис.8. Схема формування покриття під час обприскування здовгим розпилювачем.

Під час формування багат шарового покриття накладенням слідів струменю речовини, яку наносимо, розподіл товщини визначається як

$$H = H_0 \left[e^{-\lambda \left(x - \frac{d}{2}\right)^2} + e^{-\lambda \left(x + \frac{d}{2}\right)^2} \right],$$

де H_0 – товщина сліду на осі струменю.

Під час обертання поверхні наплення умови обприскування міняються і формування покриття буде проходити на поверхнях, які постійно міняють кут нахилу до осі розпилювача. При обертанні зі швидкістю ω за час t на поверхню осяде покриття завтовшки

$$H = \int_0^{t+1} \int_{-1}^1 \eta \frac{0,7G\ell \left[x^{\frac{5}{2}} - \left(90^\circ - \frac{\omega t}{25^\circ}\right)^{\frac{5}{2}} \right] \cdot \cos \omega t \cdot dt \cdot dx}{\pi V \gamma (L - x \cdot \sin \omega t) \left[\frac{a}{R_0} (L - x \cdot \sin \omega t + 0,29) \right] \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}.$$

Під час обертання поверхні підігрівача наближаються до сопла розпилювача на відстань -1 або віддаляються на $+1$, при цьому центр обертання нерухомий і знаходиться на відстані L . Ідентичність умов нанесення забезпечується реверсуванням обертового руху виробу. На рис. 8 показано формування покриття здвоєним розпилювачем, де $h_{ш}$ – товщина одиничного шару покриття. Одержання необхідної ширини результуючого сліду здійснюється відповідним зсувом осей струменів розпилювачів на кут φ .

Кодра Ю.В. Установка для нанесения покрытий на подогреватели // Информационный листок. ЛвЦНТИ. 1986. № 95–86. 3с.

УДК 621:658.382.3

Ступницька Н., Гогіташвілі Г., Ступницький В.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра “Охорони праці”

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ
ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ЗМІНУ
ПРОДУКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ
МАШИНОБУДІВНОГО ЦЕХУ**

© Ступницька Н., Гогіташвілі Г., Ступницький В., 2000

У статті описаний новий підхід до вирішення проблеми впливу показників виробничого травматизму на продуктивність роботи технологічного обладнання машинобудівного підприємства. Запропонована математична модель розрахунку простоювання верстатів, яка базується на теорії масового обслуговування. Доведено, що врахування виробничого травматизму впливає на ефективність планування виробничого процесу в машинобудуванні.

In a paper the new approach to solution of a problem about influence of indexes industrial traumatism on productivity of operation of the process equipment of machine-building firm is circumscribed. The mathematical model of account of idle standing of machine tools grounded on queueing theory is offered. Is proved, that the registration industrial traumatism influences efficiency of scheduling of production in a machine industry.

Встановлення техніко-економічного критерію оцінки виробничої системи від показників безпеки праці можна здійснити за допомогою апарата теорії масового обслуговування.

Для теоретичного дослідження цього процесу необхідно використати діаграму розподілу часу для виробничої системи, яка обслуговується значною кількістю робітників. Аналіз реальної діаграми простоювання технологічного обладнання внаслідок травмування і тимчасової непрацездатності робітників машинобудівного підприємства (на підставі аналогічних досліджень заводів ЛАНТ, ЛАЗ, ЛХСГМ) показав, що тривалість простоювання технологічного обладнання внаслідок травмування робітника є суттєво меншим від