



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 71644

(13) C2

(51) 7 B23K35/363,1/20

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ФЛЮС ДЛЯ НАНЕСЕННЯ В СУХОМУ СТАНІ

1

2

(21) 2002054244
(22) 19.10.2000
(24) 15.12.2004
(86) PCT/EP00/10300, 19.10.2000
(31) 199 51 454.2
(32) 25.10.1999
(33) DE
(31) 100 49 315.7
(32) 05.10.2000
(33) DE
(46) 15.12.2004, Бюл. № 12, 2004 р.
(72) Свідерські Ханс-Вальтер, DE, Оттманн Альфред, DE, Бельт Хайнц-Йоахім, NL
(73) СОЛВЕЙ ФЛЮОР УНД ДЕРІВЕЙТ ГМБХ, DE
(56) DE 19845758, 13.04.2000
US 4989775, 05.02.1991
WO 82/02014 A1, 24.06.1982
(57) 1. Флюс на основі фтороалюмінату лужного металу, придатний для нанесення в сухому стані

(для "сухого флюсування"), який відрізняється тим, що його сумарний об'ємний розподіл часток за крупністю лежить в основному в межах, обмежених наведеними на Фіг.10 кривими 1 і 2.
2. Флюс за п.1, який відрізняється тим, що його сумарний об'ємний розподіл часток за крупністю лежить в основному в межах, обмежених наведеними на Фіг.11 кривими 1 і 2.
3. Флюс за п.1, який відрізняється тим, що він являє собою флюс на основі фтороалюмінату калію.
4. Спосіб пайки алюмінію або алюмінієвих сплавів із застосуванням флюсу за будь-яким із пп.1-3, який полягає в тому, що зазначений флюс у сухому стані і заряджений електростатичним способом наносять на деталі, що з'єднуються, і ці деталі з'єднують паянням при нагріванні.

Даний винахід стосується флюсу, застосовуваного для нанесення в сухому стані, а також його застосування як флюсу для пайки.

Для з'єднання між собою пайкою деталей з алюмінію або алюмінієвих сплавів, насамперед використовуваних в автомобілебудуванні радіаторів і теплообмінників, використовують, як це добре відомо вже протягом багатьох років, флюси на основі фтороалюмінатів лужних металів. При цьому флюс зазвичай застосовують у вигляді водної суспензії, яку наносять на теплообмінники розпиленням. У присутності припою або сполуки-попередника, що утворює припій, такої як фторосилікат калію або порошковий кремній, при нагріванні деталей до температури, вищої за температуру плавлення флюсу, утворюється стабільна корозійностійка сполука. Із заявки DE-OS 19749042 уже відомий спосіб, який дозволяє повертати в технологічний цикл відпрацьовану воду, що утворюється при застосуванні описаної вище

технології. Однак, при здійсненні цього способу певні технологічні параметри мають істотне значення. Так, зокрема, необхідно контролювати концентрацію флюсу в суспензії, теплообмінники перед їх нагріванням треба піддавати сушінню, у суспензії з флюсом, які також повертають у технологічний цикл, можуть потрапляти домішки та забруднення. Усіх цих проблем можна уникнути, якщо наносити флюс на з'єднувані деталі в сухому стані. Подібний підхід називають методом "сухого флюсування". При цьому сухий порошковий флюс наносять на деталі за рахунок статичної електризації. Перевага подібного підходу полягає в тому, що відпадає потреба в приготуванні суспензії, контролюванні концентрації в ній флюсу та окремій технологічній стадії сушіння деталей, а також у тому, що при цьому не утворюється відпрацьована вода.

В основу даного винаходу було покладено задачу розробити такий флюс на основі фтороалюмінату лужного металу, який допускав би його

(13) C2

(11) 71644

(19) UA

просте пневмотранспортування і просте його нанесення розпиленням у сухому стані, і який надійно прилипає до покритих ним деталей і тому був би придатний для нанесення в сухому стані (методом сухого флюсування). Зазначена задача вирішується за допомогою флюсу, представленого у формулі винаходу.

Даний винахід заснований на тому факті, що крупність часток, відповідно розподіл часток за крупністю у флюсів на основі фтороалюмінату лужного металу впливає на пневмотранспортування та на здатність розпорошуватися часток флюсу, а також на їхню здатність прилипати до поверхонь деталей. Бажано, щоб флюс, як було встановлено, складався з дрібніших та крупніших часток, співвідношення між якими варто підбирати за певними правилами.

Запропонований у винаході, придатний для нанесення в сухому стані (методом "сухого флюсування") флюс на основі фтороалюмінату лужного металу відрізняється тим, що об'ємний розподіл часток за крупністю лежить в основному в межах, обмежених показаними на Фіг.10 кривими 1 і 2. Гранулометричний склад визначали при цьому за дифракцією лазерного випромінювання.

У бажаного флюсу об'ємний розподіл часток за крупністю лежить в основному в межах, обмежених показаними на Фіг.11 кривими 1 і 2.

Наведеними на Фіг.10 нижньою межею (крива 1) і верхньою межею (крива 2) визначаються границі, у яких можуть лежати криві об'ємного розподілу часток за крупністю в порошків, придатних для використання за даним винаходом. При цьому мова йде про виражений у % сумарний об'ємний розподіл часток за крупністю в порошків залежно від крупності часток. Порошкові флюси, у яких сумарний об'ємний розподіл часток за крупністю збігається з показаними на Фіг.10 кривими 1 і 2 або лежить в обмежених ними межах, є порошками, що відповідають даному винаходу.

У наведеній нижче таблиці А представлено чисельні значення, на основі яких було отримано показані на Фіг.10 криві 1 і 2, які відтворюють залежність сумарного об'ємного розподілу часток за крупністю від крупності часток.

Таблиця А

Сумарний об'ємний розподіл часток за крупністю залежно від крупності часток згідно з показаними на Фіг.10 кривими 1 і 2

x [мкм]	Q [%], нижня межа	Q ³ [%], верхня межа
0,45	0,25	3,00
0,55	1,40	4,00
0,65	2,00	5,30
0,75	2,70	6,80
0,90	3,80	8,80
1,10	5,00	12,20
1,30	5,80	15,80
1,55	7,00	20,00
1,85	8,50	25,00
2,15	10,00	29,00
2,50	11,50	32,50
3,00	14,00	41,00

3,75	17,00	53,00
4,50	16,00	63,00
5,25	19,00	71,00
6,25	23,00	79,00
7,50	28,00	86,00
9,00	33,00	90,00
10,50	38,00	94,00
12,50	40,00	96,00
15,00	42,00	98,00
18,00	44,00	98,70
21,50	48,00	99,50
25,50	54,00	100,00
30,50	65,00	100,00
36,50	77,50	100,00
43,50	89,00	100,00
51,50	93,00	100,00
61,50	94,00	100,00
73,50	95,80	100,00
87,50	96,00	100,00

Нижня межа визначається кривою 1, верхня межа визначається кривою 2.

Вибірковий приклад: 40% об'єму припадає на частки діаметром 12,5мкм і менше.

Було встановлено, що флюси, у яких сумарний об'ємний розподіл часток за крупністю збігається з показаними на Фіг.11 кривими 1 і 2 або лежить в обмежених ними межах, мають найбажаніший набір властивостей для сухого флюсування. У наведеній нижче таблиці Б представлено чисельні значення, на основі яких було отримано показані на Фіг.11 криві 1 і 2, які відтворюють залежність сумарного об'ємного розподілу часток за крупністю від крупності часток.

Таблиця Б

Сумарний об'ємний розподіл часток за крупністю залежно від крупності часток згідно з показаними на Фіг.11 кривими 1 і 2

x [мкм]	Q ³ [%], нижня межа	Q ³ [%], верхня межа
1	2	3
0,45	0,94	2,28
0,55	1,53	3,49
0,65	2,19	4,73
0,75	2,91	6,00
0,90	3,91	8,07
1,10	4,97	11,69
1,30	5,89	15,30
1,55	7,03	19,58
1,85	8,43	24,20
2,15	9,91	28,19
2,50	11,76	32,18
3,00	14,58	37,01
3,75	18,94	43,07
4,50	22,24	48,09
5,25	25,31	52,30
6,25	29,74	57,13
7,50	34,30	64,82
9,00	37,26	72,07
10,50	38,78	77,06
12,50	40,25	81,89
15,00	4-1,87	86,27
18,00	44,20	91,28

Продовження таблиці Б

1	2	3
21,50	48,13	95,12
25,50	54,67	97,45
30,50	65,04	98,91
36,50	77,82	99,70
43,50	89,38	100,00
51,50	96,55	100,00
61,50	98,64	100,00
73,50	100,00	100,00
87,50	100,00	100,00

Нижня межа визначається кривою 1, верхня межа визначається кривою 2.

Запропонований у винаході матеріал можна одержувати відсіванням небажаних гранулометричних фракцій, а також змішанням матеріалів із різним гранулометричним складом.

Коефіцієнт розпилення в запропонованого у винаході флюсу в бажаному варіанті становить 25, бажаніше 35, насамперед 45 або більше, а обумовлене таким коефіцієнтом відношення $N_{\text{псевдозрідж.}}/N_0$ становить принаймні 1,05. Верхня межа коефіцієнта розпилення становить 85, бажано 83,5. Методику визначення коефіцієнта розпилення і відношення $N_{\text{псевдозрідж.}}/N_0$ (тобто висоти шару порошку, який збільшився за об'ємом, до висоти шару порошку, який не збільшився за об'ємом) описано нижче.

Запропонований у винаході матеріал найбільш придатний для застосування як флюс для сухого флюсування. При цьому порошок подають за допомогою стисненого повітря або азоту з витратної ємності в "розпорошувальну гармату", де цей порошок піддається статичній електризації. Потім порошок, проходячи крізь розпорошувальну голівку гармати, попадає на деталі, які з'єднуються пайкою. Після цього деталі, що з'єднуються пайкою, необов'язково в зібраному або зістикованому стані, піддають пайці в паяльній печі, зазвичай в атмосфері інертного газу, у функції якого використовують азот, або з'єднують газополуменевою пайкою.

Запропонований у винаході порошок має цілий ряд технологічних переваг перед відомими флюсами. Так, наприклад, запропонований у винаході порошок має винятково високу рухливість (текучість). Ця властивість обумовлена вибраним розподілом часток за крупністю. Завдяки подібній гарній рухливості знижується тенденція до закупорювання й забивання пневмотранспортерів і технологічного устаткування. Цей матеріал легко піддається електризації. Крім того, такий матеріал надзвичайно надійно прилипає до поверхонь деталей, що з'єднуються пайкою. Крім цього, подібний матеріал характеризується винятково рівномірним плинном.

Нижче винахід проілюстровано на прикладах, які не обмежують його обсягу.

Приклади

Визначення об'ємного розподілу часток за крупністю

Система: Sympatec HELOS

Виготовлювач: Sympatec GmbH, System Partikel Technik

Вимірювальна апаратура: вимірювальний прилад для визначення гранулометричного складу твердих матеріалів за дифракцією лазерного випромінювання.

До складу вимірювального приладу входять такі компоненти: джерело лазерного випромінювання з формувачем пучка, вимірювальна зона, у якій вимірювані частки взаємодіють з лазерним випромінюванням, проекційна оптика, яка перетворює кутовий розподіл розсіяного (такого, що дифрагувало) лазерного випромінювання на просторовий (локальний) розподіл на фотоприймачеві, багатоеlementний фотоприймач із пристроєм автоматичного фокусування і послідовно підключеним до нього електронним блоком для перетворення виміреного розподілу інтенсивності випромінювання в цифрову форму.

Для розрахунку параметрів гранулометричного складу використовували програмне забезпечення WINDOX. Зазначений розрахунок заснований на аналізі вимірюного розподілу інтенсивності за отриманою дифракційною картиною (дифракція Фраунгофера n-го порядку). У даному випадку використовували режим HRLD (від англ. "high resolution Laser diffraction", дифракція лазерного випромінювання високого дозволу). Розмір часток не сферичної форми визначали як еквівалентний діаметр сферичних часток з аналогічними дифракційними характеристиками. Перед вимірюванням агрегати слід дробити на окремі частки. Потрібний для вимірювання аерозоль порошку одержували в диспергаторі, у даному випадку - в диспергаторі типу RODOS. Для рівномірної подачі порошку в диспергатор використовували віброжолоб (тип VIBRI).

Діапазон вимірювання: від 0,45 до 87,5 мкм

Оброблення. HRLD (версія 3,3, випуск 1)

Густина зразка:

настроювання: 1 г/см^3 ,

коефіцієнт форми: 1, комплексний показник переломлення $m=n-ik$; $n=1$; $i=0$.

Оброблення та аналіз результатів вимірювань

х діаметр часток у мкм

Q^3 виражена в % сумарна об'ємна доля часток

діаметром аж до вказаного значення

q^3 розподіл за густиною при діаметрі часток,

який дорівнює х

x_{10} діаметр часток, сумарна об'ємна доля яких

досягає 10%

c_{opt} оптична концентрація (густина аерозолю),

що виявлялася під час вимірювань

Величини $M1$, 3 і Sv при обробленні результа-

тів не використовувалися.

Вихідний матеріал

У досліді з визначення придатності для сухого флюсування досліджували властивості двох порошків на основі фтороалюмінату калію з різним розподілом часток за крупністю. Такі порошки можна одержати відсіванням небажаної гранулометричної фракції. Нижче дані про гранулометричний склад (об'ємний розподіл часток за крупністю) наведено у вигляді таблиці. Криві гранулометричного складу для порошку 1 ("грубодисперсний" матеріал) і порошку 2 ("тонкодисперсний" матеріал) наведено на Фіг.1 і 2 відповідно.

Таблиця 1

Об'ємний розподіл часток за крупністю для порошку 1

Об'ємний розподіл часток за крупністю							
x ₀ , мкм	Q ³ , %	x ₀ , мкм	Q ³ , %	x ₀ , мкм	Q ³ , %	x ₀ , мкм	Q ³ , %
0,45	2,27	1,85	16,42	7,50	50,85	30,50	98,21
0,55	3,40	2,15	18,61	9,00	58,91	36,50	99,44
0,65	4,55	2,50	20,94	10,50	66,02	43,50	100,00
0,75	5,70	3,00	24,07	12,50	73,96	51,50	100,00
0,90	7,41	3,75	28,64	15,00	81,58	61,50	100,00
1,10	9,59	4,50	33,19	18,00	88,02	73,50	100,00
1,30	11,63	5,25	37,70	21,50	92,85	87,50	100,00
1,55	13,95	6,25	43,64	25,50	96,08	-	-

x₁₀=1,14мкм; x₅₀=7,35мкм; x₉₀=19,44 мкм
 Sv=2,033м²/см³; Sm=8132 см²/г; c_{opt}=6,27%

Таблиця 2

Об'ємний розподіл часток за крупністю для порошку 2

Об'ємний розподіл часток за крупністю							
x ₀ , мкм	Q ³ , %	x ₀ , мкм	Q ³ , %	x ₀ , мкм	Q ³ , %	x ₀ , мкм	Q ³ , %
0,45	4,03	1,85	334,62	7,50	90,93	30,50	100,00
0,55	6,13	2,15	40,35	9,00	94,38	36,50	100,00
0,65	8,33	2,50	46,57	10,50	96,30	43,50	100,00
0,75	10,59	3,00	54,65	12,50	97,69	51,50	100,00
0,90	14,03	3,75	65,19	15,00	98,59	61,50	100,00
1,10	18,60	4,50	73,63	18,00	99,22	73,50	100,00
1,30	23,09	5,25	80,00	21,50	99,68	87,50	100,00
1,55	28,49	6,25	86,05	25,50	99,93	-	-

x₁₀=0,72мкм; x₅₀=2,71мкм; x₉₀=7,26мкм;
 Sv=3,6046м²/см³; Sm=14418см²/г; c_{opt}=6,74%

Спочатку досліджували здатність до псевдозрідження і рухливість порошку 1, відповідно порошку 2, а також їхніх сумішей у певному співвідношенні. Використовуване устаткування і методика проведення досліджень вимірювальний прилад для визначення здатності порошків до псевдозрідження і для визначення їхньої рухливості (прилад типу Binks-Sames powder fluidity indicator AS 100-451195) установлювали на вібраційний пристрій (Pritsch L-24). Такий вимірювальний прилад має циліндр для псевдозріджування з пористою мембраною біля дна. У циліндр засипали по 250г кожного з досліджуваних порошків, включали вібраційний пристрій і через пористу мембрану в порошок подавали рівномірний потік (контроль за допомогою витратоміру) осушеного азоту. При цьому об'єм засипаного порошку збільшувався; для встановлення рівноважного стану газ продовжували подавати протягом 1хв. Вимірюванням висоти шару порошку до й після збільшення в об'ємі можна визначити здатність відповідного порошку до псевдозрідження.

Здатність кожного з порошків до псевдозрідження та його рухливість визначали за так званим "коефіцієнтом розпилення". Такий коефіцієнт розпилення являє собою комбіновану величину,

обумовлену на основі коефіцієнта збільшення в об'ємі (здатності до псевдозрідження) і показника потоку маси порошку (рухливості). Коефіцієнт розпилення є важливою характеристикою порошку, яка визначає його придатність для сухого флюсування. Цей коефіцієнт визначали в такий спосіб. За описаною вище методикою об'єм кожного з досліджуваних порошків збільшували в циліндрі для псевдозрідження. Потім на 30с відкривали передбачений в бічній стінці циліндра отвір, порошок, який висипався з циліндра крізь цей отвір, збирали в хімічну склянку і зважували. Відношення кількості порошку, що висипався, до одиниці вимірювання часу, яка дорівнює 0,5хв., вище та у наступному описові називається "коефіцієнтом розпилення". У цьому відношенні слід зазначити, що в порошків, які мають дуже гарну здатність до псевдозрідження і рухливості, такий коефіцієнт розпилення дорівнює 140. У порошків з дуже поганою здатністю збільшуватися в об'ємі і поганою рухливістю коефіцієнт розпилення становить, наприклад, 7. У наведеній нижче таблиці 3 представлені значення коефіцієнта розпилення, визначені для порошку 1, порошку 2 та їхніх сумішей з різними проміжними кількісними співвідношеннями, а саме, сумішей, які містили порошок 1 у кількості

90, 80, 70, ..., 10 мас.% і порошок 2 у кількості, що приходить на залишок до 100 мас.%.

Таблиця 3

Порошок 1(%)	Порошок 2(%)	Коефіцієнт розпилення (г/0,5хв.)
100	0	71,88
90	10	63,56
80	20	35,54
70	30	25,33
60	40	22,51
50	50	21,52
40	60	14,76
30	70	13,83
20	80	11,28
10	90	9,77
0	100	7,35

Примітка:

¹середнє значення за декількома вимірюваннями.

При проведенні дослідів було встановлено, що гарна рухливість досягається при коефіцієнті розпилення більше ніж приблизно 45 г/0,5хв.

Коефіцієнт розпилення можна також розраховувати в такий спосіб.

а) Розраховують коефіцієнт збільшення в об'ємі (см/см) $N_{\text{псевдозрідж.}}/N_0$,

де

$N_{\text{псевдозрідж.}}$ означає висоту шару порошку, який збільшився в об'ємі,

N_0 означає висоту шару не псевдозрідженого порошку при відключеному вібраційному пристрої та відключеній подачі азоту.

При цьому в кожному випадку визначають середнє значення за 5 вимірюваннями у точках, розподілених по діаметру циліндра.

б) Визначають показник потоку порошку в г/0,5хв.:

Масу порошку, який висипався за 0,5хв. із бічного отвору в циліндрі, розраховують як медіану за 10 вимірюваннями.

Розрахунок медіани:

медіана $m = m_9 + m_2 / 2$ для 10 окремих вимірювань, при цьому $m_5 < m_3 < m_1 < m_7 < m_9 < m_2 < m_4 < m_8 < m_{10} < m_6$

У цьому випадку коефіцієнт розпилення R_m розраховується в такий спосіб:

$R_m(\text{г/0,5хв.}) = m(\text{г/0,5хв.}) - (\text{коефіцієнт збільшення в об'ємі})$

Несподівано було встановлено, що коефіцієнт розпилення змінюється не лінійно зі зміною складу суміші порошків, а характеризується значним стрибком властивостей в інтервалі, який відповідає вмісту порошку 1 у суміші від 80 до 90%. Сказане графічно відображено на Фіг.3. На цьому кресленні показано залежність коефіцієнта розпилення (у г/0,5хв.) від відносного вмісту (в %) порошку 1 у суміші. Отримані результати підтверджують той факт, що вміст дрібних фракцій у порошку впливає на його рухливість.

Дослідження здатності прилипати до алюміні-

євих деталей залежно від гранулометричного складу

Здатність прилипати визначали винятково простим методом, який дозволяє з високою мірою вірогідності зробити висновок про технічну придатність досліджуваних порошків для сухого флюсування.

На один бік плоскої, квадратної алюмінієвої пластини розміром 0,5/0,5г розпиленням наносили шар статично наелектризованого досліджуваного сухого порошкового флюсу. Пластину разом із нанесеним на неї флюсом зважували, після чого пластину у вертикальному положенні кидали на підлогу з висоти 5см і визначали втрату флюсу у відсотках від початково нанесеної на пластину кількості флюсу. Для кожного з порошків проводили по 10 вимірювань. При використанні порошків з поганою здатністю прилипати спостерігалось порівняно велике зменшення маси пластини в результаті осипання з неї порошку в порівнянні з малим зменшенням її маси при застосуванні запропонованих у винаході порошків (зокрема порошків 3 і 4).

Дослідження в умовах, близьких до виробничих

При проведенні досліджень застосовували два різних пристрої. Один із них являв собою пристрій для нанесення флюсу ("камеру для флюсування") фірми Nordson, придатний для роботи в напівбезперервному режимі. Цей пристрій мав такі розміри: висота 216см, ширина 143см, глибина 270см. Основними вузлами цього пристрою є витратна ємність, розпорошувальна гармата, два фільтрувальні патрони та контрольні прилади. Деталь, яку офлюсовують, поміщали на переміщувану вручну в прямому й зворотному напрямках решітку. Розпорошувальна гармата переміщалася автоматично зліва направо й назад з інтервалами приблизно в 21с (65см за 21с, тобто зі швидкістю 3,1см/с).

У функції другого пристрою для нанесення флюсу в цій системі використовували ємність фірми ITW Gema разом із розпорошувальною гарматою і контрольним приладом.

Відстань між розпорошувальними голівками та решіткою становила 34см.

Принцип роботи

У конструкції ємності фірми Nordson використовується принцип псевдозрідження порошку для подачі флюсу в такому стані в розпорошувальну гармату за допомогою насоса Вентури та відповідного рукава. Для підтримки флюсу в псевдозрідженому стані в ємності додатково використовували мішалку або струшувач.

Система фірми ITW Gema мала ємність зі шнековим транспортером (гвинтовим конвеєром) для механічного переміщення порошку в лійку. У цьому випадку насос Вентури служив для подачі флюсу в розпорошувальну гармату через підвідний рукав.

Система фірми ITW Gema була обладнана вібраторами, встановленими в декількох місцях для запобігання утворенню пробок із флюсу. Для електризації флюсу робоча напруга розпорошувальних гармат становила 100кВ.

В устаткуванні фірми Nordson, відповідно фірми ITW Gema використовували зазначені в при-

кладах порошки з метою дослідити рівномірність подачі флюсу та процесу розпилення, а також дослідити нанесення флюсу на дослідні вироби (теплообмінники з площею поверхні 4,8м). Спочатку контрольні прилади налаштовували на таку витрату повітря, відповідно на таку швидкість обертання шнекового транспортера, при яких питома витрата (питома маса) флюсу становила приблизно 5г/м^2 .

Потім протягом 30хв. проводили експеримент, не змінюючи настройки устаткування. Далі з інтервалами в межах від 2 до 4хв. на решітку поміщали дослідні вироби для нанесення на них розпиленням флюсу, які потім зважували для визначення кількості нанесеного на них флюсу. У кожній серії дослідів проводили по 10 або 11 вимірювань. Отримані результати наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

30-хвилинне випробування, питома маса нанесеного на теплообмінники флюсу

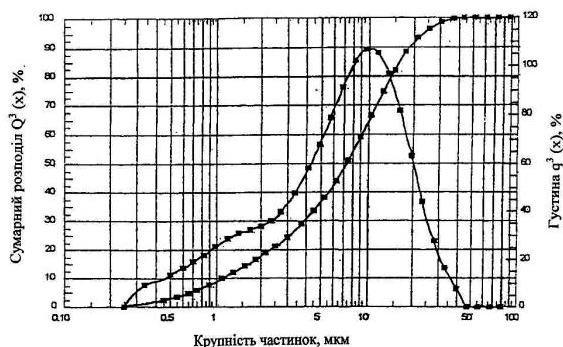
Оптимальна питома маса: 5г/м^2	Порошок 1			Порошок 2		
	Питома маса флюсу (г/м^2)			Питома маса флюсу (г/м^2)		
	мін.	макс.	різниця	мін.	макс.	різниця
Nordson	4,8	5,5	0,7	4,6	6,0	1,4
ITW Gema	4,8	5,3	0,5	5,0	5,5	0,5

На Фіг.4-7 у графічному вигляді наведені тимчасові залежності питомої маси флюсів, нанесених у вигляді порошку 1, відповідно порошку 2 за допомогою устаткування фірми Nordson, відповідно фірми ITW Gema. При нанесенні порошку 2 на устаткуванні фірми Nordson розпорошувальну голівку треба було регулярно продувати, щоб уникнути її закупорювання.

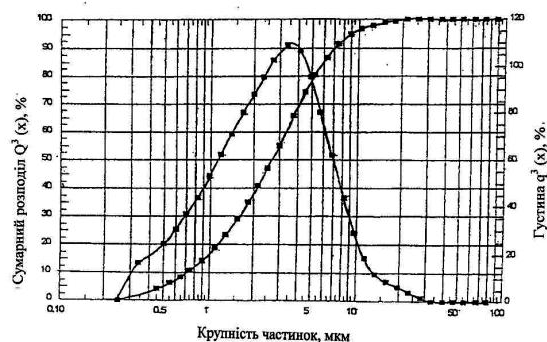
Описаному вище 30-хвилинному випробуванню піддавали й інші порошки Порошок 3 мав такі характеристики: вимірне значення R_m становило 59,25, відношення $N_{\text{псевдоідріж. матеріал}}/N_0$ (мм/мм) становило 1,11, втрата порошку в результаті його осипання при випробуванні на здатність прилипати становила 11,5%, а також мав такий гранулометричний склад: розмір 90% усіх часток становив менш ніж 35,15мкм, розмір 50% усіх часток становив менш ніж 9,76мкм, розмір 10% усіх часток становив менш ніж 1,35мкм. Максимум на кривій гранулометричного складу приходився на 5мкм, а другий за величиною пік приходився на 20мкм. Сумарний об'ємний розподіл часток за крупністю для цього порошку показаний на Фіг.10 і 11 у вигляді прикладу для найбільш придатного порошку. Для цього матеріалу дуже гарні результати були отримані при його нанесенні як на устаткуванні фірми Nordson, так і на устаткуванні фірми ITW Gema. При використанні цього порошку на зазначеному устаткуванні не спостерігалися "викиди" і не потребувалося продування розпорошувальної голівки. Отриманий шар флюсу можна було охарактеризувати як "бездоганний". Тимчасову залежність питомої маси для цього порошку наведено на Фіг.8. Іншим матеріалом, який також піддавали дослідженням за описаною вище методикою, служив порошок 4, що мав такі характеристики: коефіцієнт розпилення R_m становив 82,85, відношення $N_{\text{псевдоідріж.}}/N_0$ (мм/мм) становило 1,10, утрата порошку в результаті його осипання при випробуванні на здатність прилипати становила 16,7%, а також мав такий гранулометричний склад: діаметр 90% усіх часток становив менш ніж 28,6мкм, діаметр 50% усіх часток становив 8,9мкм, діаметр 10% усіх часток становив менш ніж 1,67мкм, максимум на кривій гранулометричного складу приходився на 9,5мкм, а також на 20мкм. При використанні цього матеріалу також були отримані дуже гарні результати. На Фіг.9 наведена тимчасова характеристика питомої маси флюсу, яка відображує рівномірність нанесення порошку 4 на теплообмінник.

Прийнятні результати були отримані також для порошку на основі фтороалюмінату калію, що мав такі характеристики: $R_m=46,99$, відношення $N_{\text{псевдоідріж.}}/N_0=1,05$, утрата порошку в результаті його осипання при випробуванні на здатність прилипати 6,39%, гранулометричний склад: розмір 90% усіх часток - менш ніж 19,84мкм, розмір 50% усіх часток - менш ніж 7,7мкм, розмір 10% усіх часток - менш ніж 1,16мкм, максимум на кривій гранулометричного складу приходи вся на 13мкм.

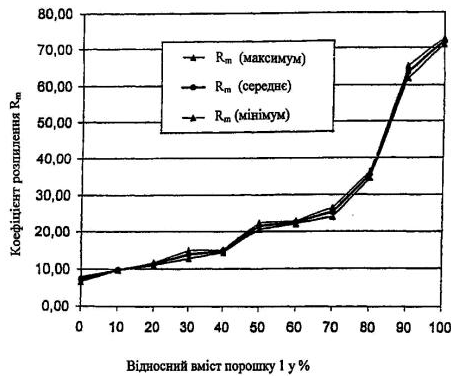
ФІГ. 1: Гранулометричний склад порошку 1



ФІГ. 2: Гранулометричний склад порошку 2

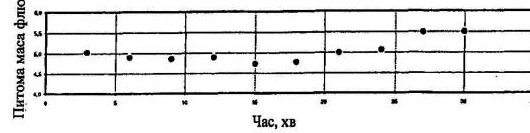


ФІГ. 3: Залежність коефіцієнта розшлення R_m від відносного вмісту порошку 1, відповідно порошку 2

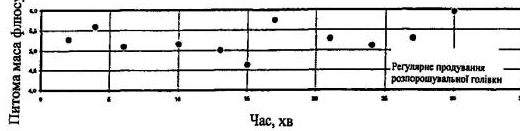


Відносний вміст порошку 1 у %

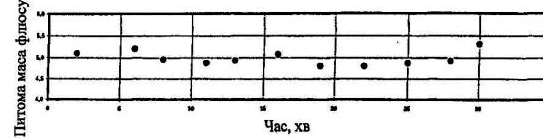
ФІГ. 4: Порошок 1, обладнання фірми Nordson



ФІГ. 5: Порошок 2, обладнання фірми Nordson



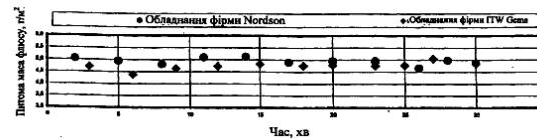
ФІГ. 6: Порошок 1, обладнання фірми ITW Gema



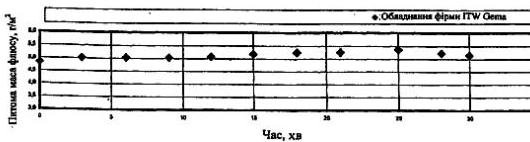
ФІГ. 7: Порошок 2, обладнання фірми ITW Gema



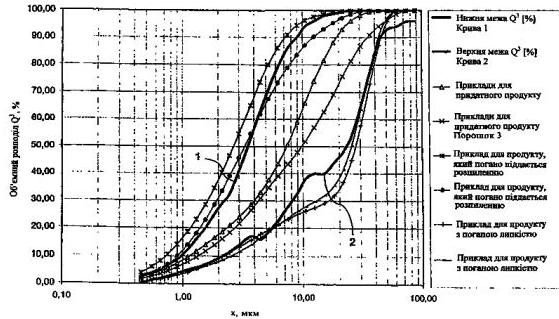
ФІГ. 8: Порошок 3



ФІГ. 9: Порошок 4



ФІГ. 10



ФІГ. 11

