



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 122421

(13) U

(51) МПК

B01J 21/08 (2006.01)

B01J 23/22 (2006.01)

B01J 27/198 (2006.01)

C07D 301/03 (2006.01)

C07D 307/34 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2017 06403	(72) Винахідник(и):	Діюк Олена Адамівна (UA), Зажигалов Валерій Олексійович (UA)
(22) Дата подання заявки:	23.06.2017	(73) Власник(и):	ІНСТИТУТ СОРЕБЦІЇ ТА ПРОБЛЕМ ЕНДОЕКОЛОГІЇ НАН УКРАЇНИ, вул. Генерала Наумова, 13, м. Київ-164, 03164 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	10.01.2018		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.01.2018, Бюл.№ 1		

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ОКСИДНОГО ВАНАДІЙ-ФОСФОРНОГО (VPO) КАТАЛІЗАТОРА ОКИСНЕННЯ Н-БУТАНУ ПІДВИЩЕНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ В МАЛЕЇНОВИЙ АНГІДРИД**(57) Реферат:**

Спосіб одержання оксидного ванадій-фосфорного VPO каталізатора окиснення н-бутану в малеїновий ангідрид шляхом змішування подрібненого гідрофосфату ванадилу $\text{VOHPO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, як прекурсора каталізатора, з інертним наповнювачем, і активації прекурсора каталізатора в реакційній суміші н-бутану і повітря при температурі, не вище ніж 460°C , з отриманням каталізатора окиснення повітряно-вуглеводневих сумішей з підвищеним вмістом н-бутану. Як інертний наповнювач каталізатора використовують діоксид титану. Подрібнення прекурсора ведуть після змішування з інертним наповнювачем. Подрібнення суміші здійснюють її розмелюванням у планетарному млині при 450-550 об./хв. протягом 2-год. Активацію прекурсора каталізатора ведуть у реакційній суміші, при 400°C протягом 6 год. Після цього знижують температуру реактора до $350\text{-}380^\circ\text{C}$, при якій відбувається окиснення н-бутану в реакційній суміші з вмістом бутану від 3,4 до 10 об. %.

UA 122421 U

Корисна модель належить до хімічної технології органічних речовин, а саме - до синтезу малеїнового ангідриду, який широко використовується для виробництва полімерних матеріалів, лаків та фарб, як харчова домішка та ін. Більш конкретно, дане технічне рішення стосується оксидного ванадій-фосфорного (VPO) каталізатора для селективного окиснення н-бутану в малеїновий ангідрид при підвищеній концентрації вуглеводню (н-бутану) в реакційній суміші.

Відомо, що малеїновий ангідрид одержують шляхом каталітичного окиснення н-бутану в присутності VPO каталізаторів різного складу [1]. При цьому процес проводять при концентрації н-бутану в реакційній суміші 1,5-2,0 об. %. Перспективним є підвищення концентрації вуглеводню в реакційній суміші, що дозволяє збільшити продуктивність по малеїновому ангідриду. Недоліком відомих VPO каталізаторів, активним компонентом яких є фаза пірофосфату ванадилу $(VO)_2P_2O_7$, а її попередником - гідрофосфат ванадилу $VOHPO_4 \cdot 0,5H_2O$, є той факт, що збільшення концентрації н-бутану в реакційній суміші веде до зниження конверсії вуглеводню, або селективності утворення малеїнового ангідриду, а в результаті і виходу продукту - малеїнового ангідриду.

Так, було показано [2], що підвищення концентрації н-бутану з 2 до 9 об. % при його окисненні на $(VO)_2P_2O_7$ каталізаторі знижує конверсію вуглеводню з 40 до 9 % (при постійній селективності 80 %) і, відповідно, вихід малеїнового ангідриду з 32 до 7,2 %, а в присутності $(VO)_2P_2O_7$ каталізатора з домішками Bi та Mo, таке підвищення концентрації н-бутану знижує як конверсію (з 40 до 14,3 %), так і селективність (з 87 до 70 %), що супроводжується зниженням виходу малеїнового ангідриду від 35 до 10 %. В [3] було встановлено, що підвищення концентрації н-бутану з 1,7 до 10 об. % знижує селективність по малеїновому ангідриду з 80 до 50 % (при постійній конверсії 15 %) та вихід цього продукту з 12 до 7,5 %. В роботі [4] при концентрації н-бутану 5 об. % на різних зразках $(VO)_2P_2O_7$ каталізатора при 15 % конверсії вуглеводню було одержано вихід малеїнового ангідриду від 9,2 до 11,1 %.

Можливою причиною зниження показників окиснення н-бутану в малеїновий ангідрид з підвищенням концентрації вуглеводню може бути також збільшення температури в зоні реакції та часткове спікання активного компонента. Для запобігання цьому ефекту було реалізовано введення до активного компонента VPO каталізатора інертного оксиду SiO_2 [5]. Синтезований каталізатор при температурі 400 °C та концентрації н-бутану в реакційній суміші 5 об. % забезпечував при конверсії вуглеводню 26 %, селективність по малеїновому ангідриду 67 % та його вихід 17,4 %. В той же час, підвищення концентрації н-бутану до 10 об. % приводило до зниження конверсії вуглеводню до 17 %, а селективності по малеїновому ангідриду до 65 % і виходу цього продукту до 11 %. Недоліком цього каталізатора є той факт, що хоча введення інертного оксиду і покращило показники у порівнянні з масивним VPO каталізатором [2-4], однак конверсія вуглеводню та вихід малеїнового ангідриду залишаються низькими.

Найбільш близьким за технічною суттю до способу одержання VPO каталізатора для окиснення н-бутану в малеїновий ангідрид в суміші збагаченій вуглеводнем, що заявляється, є описаний в роботі [5] VPO каталізатор, який містить у своєму складі як наповнювач 10 % SiO_2 . Каталізатор отримують шляхом змішування попередньо подрібненого гідрофосфату ванадилу $VOHPO_4 \cdot 0,5H_2O$ з підготовленим водним розчином суміші полікремневої кислоти (PSA) та колоїдного силіказолу (Nalco 1060, з розмірами частинок 60 nm) при масовому співвідношенні 1:1 з наступною сушкою розпилюванням. Каталізатор активують в суміші 1,5 об. % н-бутану в повітрі при 460 °C протягом 14 год. Цей каталізатор при окисненні н-бутану (10 об. %) при температурі реакції 400 °C забезпечує конверсію н-бутану 16,5 %, селективність по малеїновому ангідриду 73 % та вихід малеїнового ангідриду 12 %.

Недоліками цього VPO/ SiO_2 каталізатора є низька конверсія н-бутану та вихід малеїнового ангідриду, складна технологія приготування каталізатора з використанням специфічного силіказолу (Nalco 1060, з розмірами частинок 60 nm) та сушка розпилюванням, необхідність проведення активації в суміші, яка містить 1,5 % н-бутану при 460 °C з наступною заміною її на реакційну суміш, яка містить 10 % н-бутану.

Задачею, на вирішення якої спрямована корисна модель, є розробка технології одержання ефективного VPO каталізатора для окиснення н-бутану в малеїновий ангідрид при підвищеній концентрації вуглеводню в реакційній суміші, зі спрощенням технології його синтезу та активації, які забезпечують підвищений вихід малеїнового ангідриду.

Розроблений для вирішення поставленої задачі VPO каталізатор дає можливість одержати технічний результат, що полягає в підвищенні виходу малеїнового ангідриду і покращенні умов синтезу та активації каталізатора.

Суть запропонованого рішення полягає в тому, що у відомому VPO каталізаторі, який отримують шляхом змішування подрібненого гідрофосфату ванадилу $VOHPO_4 \cdot 0,5H_2O$, як прекурсора каталізатора, з інертним наповнювачем, і активації прекурсора каталізатора в

реакційній суміші н-бутану і повітря при температурі, не вище ніж 460 °С, з отриманням каталізатора окиснення повітряно-вуглеводневих сумішей з підвищеним вмістом н-бутану, відповідно до заявленої корисної моделі, як інертний наповнювач каталізатора використовують діоксид титану вітчизняного виробництва, подрібнення суміші здійснюють її розмелюванням у планетарному млині при 450-550 об/хв. протягом 2-6 год., активацію прекурсора каталізатора ведуть у реакційній суміші при 400 °С протягом 6 год., після чого знижують температуру реактора до 350-380 °С, при якій відбувається окиснення н-бутану в реакційній суміші з вмістом бутану від 3,4 до 10 об. %.

Аналіз відомих технічних рішень в даній області, опублікованих в доступних джерелах інформації, дозволяє зробити висновок про відсутність в них сукупності ознак, схожих на суттєві відрізняючі ознаки заявленого каталізатора і признати запропоноване рішення таким, що відповідає критерію "новизна".

Нижче наведено приклади, які підтверджують можливість ефективного використання синтезованих VPO/TiO₂ каталізаторів, які забезпечують підвищений вихід малеїнового ангідриду при окисненні н-бутану при його концентрації в реакційній суміші 10 %.

Приклад 1 (прототип)

Гідрофосфат ванадилу VOHPO₄ 0,5H₂O (20 г) подрібнюють до розміру частинок 5-10 нм. Окремо готують розчин 18,1 г (6,13 %) полікремневої кислоти (PSA) та 2,22 г колоїдного силіказолу (Nalco 1060, з розмірами частинок 60 шп) в 15,2 г дистильованої води (масове співвідношення по SiO₂-PSA/Nalco=1:1), до якого додають 20 г меленого гідрофосфату ванадилу. Після перемішування суспензії проводять сушку розпилюванням та отримують VPO/SiO₂ (10 %) прекурсор каталізатора, який завантажують в каталітичний реактор. Прекурсор каталізатора активують в суміші 1,5 об. % н-бутану в повітрі при 460 °С протягом 14 год. Знижують температуру реактора до 400 °С, замінюють реакційну суміш, яка містить 1,5 об. % н-бутану на суміш, яка містить 10 об. % н-бутану та проводять його окиснення. При цих умовах реакції конверсія н-бутану - 16,5 %, селективність по малеїновому ангідриду - 73 % та вихід малеїнового ангідриду - 12 %.

Приклад 2

Змішують гідрофосфат ванадилу VOHPO₄ 0,5H₂O (18 г) з діоксидом титану (рутил+анатаз, питома поверхня 60 м²/г) - 2г (масове співвідношення VOHPO₄/TiO₂=90/10), одержану суміш завантажують в планетарний млин, де її розмелюють при 500 об/хв протягом 4 год. Одержаний прекурсор каталізатора завантажують в каталітичний реактор та активують в реакційній суміші, яка містить 10 об. % н-бутану при 400 °С протягом 6 год. з утворенням каталізатора, після чого знижують температуру реактора до 350 °С. При цій температурі конверсія н-бутану - 22,0 %, селективність по малеїновому ангідриду - 64,0 % та вихід малеїнового ангідриду - 14,1 %.

Приклад 3

Змішують гідрофосфат ванадилу VOHPO₄ 0,5H₂O (18 г) з діоксидом титану (рутил+анатаз, питома поверхня 60 м²/г) - 2 г (масове співвідношення VOHPO₄/TiO₂=90/10), одержану суміш завантажують в планетарний млин, де розмелюють при 550 об/хв протягом 6 год. Одержаний прекурсор каталізатора завантажують в каталітичний реактор та активують в реакційній суміші, яка містить 10 об. % н-бутану при 400 °С протягом 6 год. з утворенням каталізатора, після чого знижують температуру реактора до 375 °С. При цій температурі конверсія н-бутану - 34,5 %, селективність по малеїновому ангідриду - 52,4 % та вихід малеїнового ангідриду - 18,1 %.

Приклад 4

Змішують гідрофосфат ванадилу VOHPO₄ 0,5H₂O (16 г) з діоксидом титану (рутил+анатаз, питома поверхня 60 м²/г) - 4 г (масове співвідношення VOHPO₄/TiO₂=80/20), одержану суміш завантажують в планетарний млин, де її розмелюють при 550 об/хв протягом 2 год. Одержаний прекурсор каталізатора завантажують в каталітичний реактор та активують в реакційній суміші, яка містить 10 об. % н-бутану при 400 °С протягом 6 год. З утворенням каталізатора, після чого знижують температуру реактора до 360 °С. При цій температурі конверсія н-бутану - 24,3 %, селективність по малеїновому ангідриду - 62,8 % та вихід малеїнового ангідриду - 15,3 %.

Приклад 5

Змішують гідрофосфат ванадилу VOHPO₄ 0,5H₂O (16 г) з діоксидом титану (рутил+анатаз, питома поверхня 60 м²/г) - 4 г (масове співвідношення VOHPO₄/TiO₂=80/20), одержану суміш завантажують в планетарний млин, де її розмелюють при 450 об/хв протягом 6 год. Одержаний прекурсор каталізатора завантажують в каталітичний реактор та активують в реакційній суміші, яка містить 10 об. % н-бутану при 400 °С протягом 6 год. з утворенням каталізатора, після чого знижують температуру реактора до 380 °С. При цій температурі конверсія н-бутану - 32,4 %, селективність по малеїновому ангідриду - 50,7 % та вихід малеїнового ангідриду - 16,4 %.

Приклад 6

Змішують гідрофосфат ванадилу $\text{VOHPO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (14 г) з діоксидом титану (рутил+анатаз, питома поверхня $60 \text{ м}^2/\text{г}$) - 6 г (масове співвідношення $\text{VOHPO}_4/\text{TiO}_2=70/30$), одержану суміш завантажують в планетарний млин, де її розмелюють при 500 об/хв протягом 4 год. Одержаний прекурсор каталізатора завантажують в каталітичний реактор та активують в реакційній суміші, яка містить 10 об. % н-бутану при 400°C протягом 6 год. з утворенням каталізатора, після чого знижують температуру реактора до 370°C . При цій температурі конверсія н-бутану - 29,6 %, селективність по малеїновому ангідриду - 55,6 % та вихід малеїнового ангідриду - 16,5 %.

Приклад 7

Змішують гідрофосфат ванадилу $\text{VOHPO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (14 г) з діоксидом титану (рутил+анатаз, питома поверхня $60 \text{ м}^2/\text{г}$) - 6 г (масове співвідношення $\text{VOHPO}_4/\text{TiO}_2=70/30$), одержану суміш завантажують в планетарний млин, де її розмелюють при 450 об/хв протягом 6 год. Одержаний прекурсор каталізатора завантажують в каталітичний реактор та активують в реакційній суміші, яка містить 10 об. % н-бутану при 400°C протягом 6 год. з утворенням каталізатора, після чого знижують температуру реактора до 380°C . При цій температурі конверсія н-бутану - 34,8 %, селективність по малеїновому ангідриду - 57,7 % та вихід малеїнового ангідриду - 20,1 %.

Приклад 8

Змішують гідрофосфат ванадилу $\text{VOHPO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (14 г) з діоксидом титану (рутил+анатаз, питома поверхня $60 \text{ м}^2/\text{г}$) - 6 г (масове співвідношення $\text{VOHPO}_4/\text{TiO}_2=70/30$), одержану суміш завантажують в планетарний млин, де її розмелюють при 550 об/хв протягом 6 год. Одержаний прекурсор каталізатора завантажують в каталітичний реактор та активують в реакційній суміші, яка містить 10 об. % н-бутану при 400°C протягом 6 год. з утворенням каталізатора, після чого знижують температуру реактора до 370°C . При цій температурі конверсія н-бутану - 32,5 %, селективність по малеїновому ангідриду - 58,6 % та вихід малеїнового ангідриду - 19,0 %.

Приклад 9

Змішують гідрофосфат ванадилу $\text{VOHPO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (14 г) з діоксидом титану (рутил+анатаз, питома поверхня $60 \text{ м}^2/\text{г}$) - 6 г (масове співвідношення $\text{VOHPO}_4/\text{TiO}_2=70/30$), одержану суміш завантажують в планетарний млин, де її розмелюють при 550 об/хв протягом 2 год. Одержаний прекурсор каталізатора завантажують в каталітичний реактор та активують в реакційній суміші, яка містить 10 об. % н-бутану при 400°C протягом 6 год. з утворенням каталізатора, після чого знижують температуру реактора до 380°C . При цій температурі конверсія н-бутану - 35,6 %, селективність по малеїновому ангідриду - 56,1 % та вихід малеїнового ангідриду - 20,0 %.

Приклад 10

Змішують гідрофосфат ванадилу $\text{VOHPO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (12 г) з діоксидом титану (рутил+анатаз, питома поверхня $60 \text{ м}^2/\text{г}$) - 8 г (масове співвідношення $\text{VOHPO}_4/\text{TiO}_2=60/40$), одержану суміш завантажують в планетарний млин, де її розмелюють при 550 об/хв протягом 4 год. Одержаний прекурсор каталізатора завантажують в каталітичний реактор та активують в реакційній суміші, яка містить 10 об. % н-бутану при 400°C протягом 6 год. з утворенням каталізатора, після чого знижують температуру реактора до 380°C . При цій температурі конверсія н-бутану - 27,3 %, селективність по малеїновому ангідриду - 53,2 % та вихід малеїнового ангідриду - 14,5 %.

Наведені приклади (2-10) та дані таблиці 1 показують можливість ефективного застосування нового VPO/TiO_2 (90-60/10-40) каталізатора з підвищенням виходу малеїнового ангідриду (на 2,1-8,1 %) при окисненні н-бутану (10 об. % в повітрі) у порівнянні з прототипом (приклад 1) при використанні в синтезі суміші гідрофосфату ванадилу $\text{VOHPO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (60-90 % мас.) та діоксиду титану (рутил+анатаз, питома поверхня $60 \text{ м}^2/\text{г}$), яку розмелюють в планетарному млині при 450-550 об/хв протягом 2-6 год., а одержаний прекурсор каталізатора активують в реакційній суміші, яка містить 10 об. % н-бутану при 400°C протягом 6 год. з утворенням каталізатора, після чого знижують температуру реактора до $350\text{-}380^\circ\text{C}$. Слід відмітити, що збільшення концентрації н-бутану, від традиційного його вмісту 1,5-2,0 % до 10 %, тобто більше ніж в 5 разів, навіть при зниженні виходу малеїнового ангідриду з 55-60 % (для традиційних умов) до 20 %, які одержують на запропонованому каталізаторі, тобто менш ніж в 3 рази, дозволяє підвищити продуктивність малеїнового ангідриду більш ніж в $5/3=1,7$ рази.

Таблиця 1

Склад нового оксидного ванадій-фосфорного каталізатора VPO/TiO_2 , та його основні каталітичні показники в реакції селективного окиснення бутану в малеїновий ангідрид при концентрації вуглеводню 10 об. %.

Каталізатор					Каталітичні показники			
Приклад	Склад суміші, мас. %		Розмелювання суміші		T_{p-ii} °C	$X_{n-бутану}$ %	S_{MA} %	Y_{MA} %
	$VOHPO_4$	TiO_2	об/хв	год.				
Прототип 1	90	SiO_2 -10	-	-	400	16,5	73	12
Приклад 2	90	10	500	4	350	22,0	64,0	14,1
Приклад 3	90	10	550	6	375	34,5	52,4	18,1
Приклад 4	80	20	550	2	360	24,2	62,8	15,3
Приклад 5	80	20	450	6	380	32,4	50,7	16,4
Приклад 6	70	30	500	4	370	29,6	55,6	16,5
Приклад 7	70	30	450	6	380	34,8	57,7	20,1
Приклад 8	70	30	550	6	370	32,5	58,6	19,0
Приклад 9	70	30	550	2	380	35,6	56,1	20,0
Приклад 10	60	40	550	4	380	27,3	53,2	14,5

Синтезовані ефективні VPO/TiO_2 каталізатори (деякі з них) було перевірено на можливість їх застосування при використанні сумішей з надлишком н-бутану, але іншою концентрацією вуглеводню в суміші, а власне 3,4 та 5 об. %. Результати випробувань представлено в наступних прикладах.

Приклад 11.

Використовують каталізатор, описаний в прикладі 3. Після активації прекурсора каталізатора змінюють реакційну суміш на іншу, яка містить у своєму складі 5 об. %. При температурі реактора 375 °C конверсія н-бутану становить - 65,6 %, селективність по малеїновому ангідриду - 56,7 % та вихід малеїнового ангідриду - 37,2 %.

Приклад 12

Використовують каталізатор, описаний в прикладі 7. Після активації прекурсора каталізатора змінюють реакційну суміш на іншу, яка містить у своєму складі 5 об. %. При температурі реактора 365 °C конверсія н-бутану становить - 62,7 %, селективність по малеїновому ангідриду - 63,8 % та вихід малеїнового ангідриду - 40,0 %.

Приклад 13

Використовують каталізатор, описаний в прикладі 9. Після активації прекурсора каталізатора змінюють реакційну суміш на іншу, яка містить у своєму складі 5 об. %. При температурі реактора 380 °C конверсія н-бутану становить - 71,1 %, селективність по малеїновому ангідриду - 60,4 % та вихід малеїнового ангідриду - 42,9 %.

Приклад 14

Використовують каталізатор, описаний в прикладі 4. Після активації прекурсора каталізатора змінюють реакційну суміш на іншу, яка містить у своєму складі 3,4 об. %. При температурі реактора 380 °C конверсія н-бутану становить - 78,7 %, селективність по малеїновому ангідриду - 65,8 % та вихід малеїнового ангідриду - 51,8 %.

Приклад 15

Використовують каталізатор, описаний в прикладі 4. Після активації прекурсора каталізатора змінюють реакційну суміш на іншу, яка містить у своєму складі 3,4 об. %. При температурі реактора 380 °C конверсія н-бутану становить - 80,4 %, селективність по малеїновому ангідриду - 66,1 % та вихід малеїнового ангідриду - 53,1 %.

Приклад 16

Використовують каталізатор, описаний в прикладі 9. Після активації прекурсора каталізатора змінюють реакційну суміш на іншу, яка містить у своєму складі 3,4 об. %. При температурі реактора 380 °C конверсія н-бутану становить - 82,7 %, селективність по малеїновому ангідриду - 67,4 % та вихід малеїнового ангідриду - 55,7 %.

Наведені в прикладах 11-16 та таблиці 2 дані показують високу ефективність нових розроблених VPO/TiO_2 каталізаторів в сумішах з підвищеною концентрацією вуглеводню, яка дорівнює 5,0 та 3,4 об. %. Збільшення концентрації н-бутану, від традиційного його вмісту 1,5-

2,0 % до 5 або 3,4 %, тобто в 2,5 та 1,7 рази, відповідно, навіть при зниженні виходу малеїнового ангідриду з 55-60 % (для традиційних умов) до 40 та 53 %, при відповідній концентрації, які одержують на запропонованому каталізаторі, тобто в 1,5 та 1,1 рази, дозволяє підвищити продуктивність малеїнового ангідриду в 2,5/1,5=1,7 та 1,7/1,1=1,5 рази, відповідно.

- 5 Таким чином, розроблені УРО/ТiО₂ каталізатори показують свою універсальність та здатні ефективно працювати з високим виходом малеїнового ангідриду в сумішах з підвищеною концентрацією н-бутану різного складу - від 3,4 до 10 об. %.

Таблиця 2

Каталітичні показники оксидних ванадій-фосфорних каталізаторів VPO/TiO₂, в реакціях селективного окиснення н-бутану в малеїновий ангідрид

Концентрація н-бутану, об. %	Приклад	Каталізатор (приклад)	Каталітичні показники			
			T _{р-ії} , °C	X _{C4} , %	S _{MA} , %	Y _{MA} , %
5,0	Приклад 11	Приклад 3	375	65,6	56,7	37,2
	Приклад 12	Приклад 7	365	62,7	63,8	40,0
	Приклад 13	Приклад 9	380	71,1	60,4	42,9
3,4	Приклад 14	Приклад 4	380	78,7	65,8	51,8
	Приклад 15	Приклад 8	380	80,4	66,1	53,1
	Приклад 16	Приклад 9	380	82,7	67,4	55,7

- 10 Джерела інформації:

1. G.Centi, F.Cavani, F.Trifiro. Selective oxidation by heterogeneous catalysis // Kluwer Ac, N-Y., 2001, ISBN 0-306-46265-6, 505 P.

2. K.Kourtakis, P.Gai. Novel microstructures and reactivity for n-butane oxidation: advances and challenges in vapor phase alkane oxidation catalysis // J. Molec. Catal., A, 2004. - V. 220, № 1-2. - P. 93-102.

3. N.Ballarini, F.Cavani, C.Cortelli, F. Gasparini, A. Mignani, F. Pierelli, F. Trifiro, C Fumagalli, G. Mazzoni The contribution of homogeneous and non-oxidative side reactions in the performance of vanadyl pyrophosphate catalyst for the oxidation of n-butane to maleic anhydride under hydrocarbon-rich conditions // Catal. Today, 2005. - V. 99, № 1. - P. 115-122.

4. Y.Kamiya, E.Nishikawa, T.Okuhara, T.Hattori. Catalytic properties of vanadyl pyrophosphates for selective oxidation of n-butane at high n-butane concentrations //Appl. Catal., A, 2010. - V. 376, № 1-2. - P. 4-12.

5. G. S. Patience, R. E. Bockrath. Butane oxidation process development in a circulating fluidized bed /Appl. Catal. A: General., 2010. - V. 376, № 1-2. - P. 4-12.

6. J.-A.T.Schwartz. Process for manufacture of an attrition resistant catalyst / US Pat. 6362128 B1, Mar.26, 2002. - ПРОТОТИП

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 30 Спосіб одержання оксидного ванадій-фосфорного VPO каталізатора окиснення н-бутану в малеїновий ангідрид шляхом змішування подрібненого гідрофосфату ванадилу VOHPO₄•0,5H₂O, як прекурсора каталізатора, з інертним наповнювачем, і активації прекурсора каталізатора в реакційній суміші н-бутану і повітря при температурі, не вище ніж 460 °C, з отриманням каталізатора окиснення повітряно-вуглеводневих сумішей з підвищеним вмістом н-бутану, який **відрізняється** тим, що як інертний наповнювач каталізатора використовують діоксид титану, подрібнення прекурсора ведуть після змішування з інертним наповнювачем, подрібнення суміші здійснюють її розмелюванням у планетарному млині при 450-550 об./хв. протягом 2-6 год., активацію прекурсора каталізатора ведуть у реакційній суміші, при 400 °C протягом 6 год., після чого знижують температуру реактора до 350-380 °C, при якій відбувається окиснення н-бутану в реакційній суміші з вмістом бутану від 3,4 до 10 об. %.

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601