



УКРАЇНА

(19) UA (11) 85670 (13) C2
(51) МПК
C07F 7/18 (2006.01)
C07F 7/08 (2008.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МЕРКАПТООРГАНІЛ(АЛКОКСИСИЛАНІВ)

1

(21) а200508555
(22) 06.09.2005
(24) 25.02.2009
(31) 10 2004 043 093.4
(32) 07.09.2004
(33) DE
(31) 10 2005 020 534.8
(32) 03.05.2005
(33) DE
(46) 25.02.2009, Бюл.№ 4, 2009 р.
(72) КОРТ КАРСТЕН, АЛЬБЕРТ ФІЛІПП, ВОЛЬФ ДОРІТ, ЗЕЕБАЛЬД ШТЕФФЕН, ПІТЕР РАЙМУНД, АЛІГ АЛЬФРЕД
(73) ДЕГУССА АГ
(56) US 6 147 242, 14.11.2000
US 6 433 206 B1, 13.08.2002
US 5 493 058, 20.02.1996
US 6 849 754 B2, 01.02.2005
(57) 1. Спосіб одержання меркаптоорганіл(алкоксисиланів), який відрізняється тим, що біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіди гідрують у відповідному розчиннику під дією водню й у присутності каталізатора на основі перехідного металу без додавання спиртів, H_2S або води.
2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що біс(алкоксисилілорганіл)полісульфід являє собою сполуку загальної формули (I)
 $Z-A-S_x-A-Z$, (I)
де
х означає число від 1 до 14,
Z має ідентичні або різні значення і означає $SiX^1X^2X^3$ або $Si(OCH_2-CH_2)_3N$, а
 X^1 , X^2 , X^3 кожен незалежно один від одного може означати гідроксигрупу (-OH), прямиий або розгалужений або циклічний вуглеводневий ланцюг з 1-18 атомами вуглецю (C_1-C_{18}), залишок алкілкарбонової кислоти (C_xH_{2x+1})-C(=O)O-, де х означає 1-25, залишок алкенілкарбонової кислоти, залишок заміщеної алкілкарбонової кислоти або алкенілкарбонової кислоти, циклоалкановий залишок з 5-12 атомами вуглецю, бензильний залишок, галоген- або алкілзаміщений фенольний залишок, алкоксигрупи, переважно C_1-C_{24} алкоксигрупи, із прямими або розгалуженими вуглеводневими ланцюгами,

2

циклоалкоксигрупу з C_5-C_{12} атомами, галоген- або алкілзаміщену феноксигрупу, бензилоксигрупу,
алкілефірну групу O-($CR^1_2-CR^1_2$)-O-Alk або алкілполіефірну групу O-($CR^1_2-CR^1_2O$)_a-Alk, де а означає 2-25, R^1 у кожному випадку незалежно від інших його значень являє собою H або алкілну групу, Alk означає прямиий або розгалужений, насичений або ненасичений алкільний ланцюг з 1-30 атомами вуглецю (C_1-C_{30}),
А означає прямиий або розгалужений, насичений або ненасичений аліфатичний, ароматичний або змішаний аліфатичний/ароматичний, двовалентний C_1-C_{30} вуглеводневий ланцюг.
3. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіди являють собою суміші сполук загальної формули (I).
4. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що біс(алкоксисилілорганіл)полісульфід, який гідрують, додатково змішують з полярною або неполярною, протонною або апротонною речовиною.
5. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що гідрування проводять при тиску від 10 до 250 бар.
6. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що гідрування проводять при температурі в інтервалі від 50 до 250 °C.
7. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що каталізатор містить як каталітично активний компонент нікель, кобальт, родій, рутеній, паладій, іридій або платину.
8. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що каталітично активний компонент доповнений поліпшуючою домішкою або містить додаткові компоненти.
9. Спосіб за п. 8, який відрізняється тим, що каталітично активний компонент містить один або декілька лужних металів, лужноземельних металів, елементів головної групи 3, головної групи 4, головної групи 5, головної групи 6, головної групи 7 або елементів побічних груп.
10. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що концентрація каталізатора, у перерахунку на каталітично активний метал, становить від 0,0001 до 1 ммоль на 1г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду.
11. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що його проводять у періодичному режимі.

(13) C2

(11) 85670

(19) UA

12. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що його проводять у безперервному режимі.

13. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що реакційна суміш містить додатково домішки.

Даний винахід стосується способу одержання меркаптоорганіл(алкоксисиланів).

З патенту US 6147242 відомий спосіб одержання 3-меркаптопропілтриетоксисилану шляхом гомолітичного розщеплення біс(алкоксисилілорганіл)дисульфідів. Відповідно до цього способу біс(алкоксисилілорганіл)дисульфід вводить у взаємодію з лужним металом і хлорсиланом з одержанням спочатку проміжного силілалкілсульфанілсилану, який потім у присутності відповідного спирту перетворюють у необхідний меркаптоалкілсилан.

Недоліки цього способу полягають у необхідності використовувати додатковий реагент (хлоралкілсилан), так само як і в необхідності застосовувати й утилізувати небезпечний лужний метал, а також виділяти проміжний силілалкілсульфонілсилан перед проведенням стадії алкоголізу.

З патенту US 6433206 відомий далі спосіб одержання кремнієвмісних органомеркаптанів шляхом гідрування біс(органілсиліл)полісульфідів з використанням каталізаторів на основі металів групи VIII, щоб уникнути отруєння яких потрібні вода, H_2S , відповідно спирти.

Недолік даного способу полягає в тому, що при застосуванні як інгібітори отруєння, відповідно як реагенти, що знезаражують каталізatori, спиртів, відмінних від спиртів, що використовують для заміщення алкоксисиланів, може мати місце перетерифікація у атома кремнію едуктів, що використовуються, і продуктів, що утворюються. Результатом цього є утворення небажаних, неоднорідно етерифікованих силанових продуктів. Тому з практичних і економічних міркувань додавання знезаражуючих реагентів обмежено такими спиртами, що вже присутні в едукті як алкоксисилільні групи.

Ще один недолік розглянутого способу полягає в тому, що при застосуванні як вихідний матеріал алкоксисиланів із довогланцюжковими алкоксизамісниками ($>C_8$) переробка і відділення шляхом перегонки спиртів, які використовуються як знезаражуючі реагенти, вимагають значно більших енерговитрат і обумовлюють пов'язані з таким підходом технологічні труднощі, що в кінцевому рахунку негативно позначається на рентабельності способу.

Спирти, що діють як знезаражуючі реагенти та являють собою кисневі нуклеофіли, не є для полісульфансиланів, будь-яким чином заміщених, такими обов'язковими або бажаними для використання реагентами під час гідрогенолізу, оскільки вони можуть сприяти утворенню побічних продуктів.

Далі, вибір можливих вихідних речовин може бути обмежений через обов'язкове застосування спиртів як знезаражуючі реагенти. Крім того, один з недоліків цього відомого способу полягає в тому,

що єдиною альтернативою спиртам є H_2S або вода. H_2S є високотоксичним газом, використання якого, необхідність наявності та поповнення його певних виробничих запасів, його дозування та утилізація вимагають обережного поводження з ним, оскільки пов'язані з підвищеним ризиком, а якість і надійність технологічного устаткування повинні відповідати високим вимогам. Що стосується води, то її використання при одночасному застосуванні алкоксисиланів варто уникати, оскільки в умовах гідролізу вона руйнує як вихідні сполуки, так і сполуки, що містять продукт.

З урахуванням вищевикладеного в основу даного винаходу була покладена задача розробити спосіб відновлювального розщеплення біс(алкоксисилілорганіл)полісульфідів, що для передбачених у його здійсненні металевих каталізаторів дозволив би уникнути необхідності використовувати додаткові знезаражуючі реагенти, такі як вода, спирти або сірководень, і який забезпечував би високу конверсію.

Об'єктом винаходу відповідно до цього є спосіб одержання меркаптоорганіл(алкоксисиланів), який відрізняється тим, що біс(алкоксисилілорганіл)полісульфід гідрують у відповідному розчиннику під дією водню в присутності каталізатора на основі перехідного металу без додавання спиртів, H_2S або води.

Розчинник можна використовувати в кількості від 0,1 до 80мас.%, краще від 1 до 50мас.%, найкраще від 1 до 30мас.%.

Реакцію краще проводити в умовах, що виключають доступ повітря і води.

Розчинники, що використовуються можуть сприяти збільшенню довговічності каталізаторів, які застосовуються. Розчинники, які використовуються, здатні спростити або оптимізувати маніпулювання каталізаторами, які застосовуються. Розчинники, які використовуються, можуть підвищити можливість повторного використання каталізаторів, які застосовуються.

Температура кипіння розчинників, які використовуються, може становити від -50 до $+250^{\circ}C$, краще від 0 до $150^{\circ}C$, особливо краще від 20 до $100^{\circ}C$.

Крім води та H_2S , як розчинники можуть використовуватися всі неспиртові сполуки. Як розчинники краще використовувати прямоланцюжкові, розгалужені або ж циклічні неспиртові сполуки, що містять атоми кисню, сірки, фосфору або азоту. Особливо краще використовувати алкани, прості ефіри, аміни, меркаптани, діалкілсульфіді або алкілфосфани. Найбільш кращі для використання діетиловий ефір, метил-трет-бутиловий ефір, тетрагідрофуран, діоксан, діоксид вуглецю (рідкий або у вигляді надкритичної рідини), аміак, пентан, гексан, гептан, октан, ДМФ або меркаптоалкіл(алкоксисилани), що утворюються як продукти.

Розчинник може являти собою іонну рідину або комбінацію або суміш іонних рідин. Іонні рідини, що використовуються, можуть діяти як співкаталізатор. Іонні рідини, що використовуються, можуть сприяти підвищенню конверсії. Іонні рідини, що використовуються, можуть сприяти підвищенню активності. Іонні рідини, що використовуються, можуть сприяти підвищенню селективності. Температура плавлення іонних рідин, що використовуються, може становити від 0 до 250°C, краще від 50 до 180°C, особливо краще від 80 до 150°C. Іонну рідину можна утворювати з гомогенної сполуки, що містить певний тип катіона та певний тип аніона. Іонну рідину можна утворювати з сполук, що містять декілька типів катіонів і декілька типів аніонів. Іонну рідину можна утворювати з сполук, що містять один тип катіона і декілька типів аніонів. Іонну рідину можна утворювати з сполук, що містять декілька типів катіонів і один тип аніонів. Іонна рідина може являти собою сіль, тобто принаймні один тип катіона і принаймні один тип аніона, що в вибраних умовах реакції представлена в рідкому вигляді. Іонні рідини можуть мати вкрай низький тиск пари (теоретично такий, що близький до нуля), що дозволяє ефективно використовувати їх у різних цілях. Іонні рідини можуть являти собою органічні солі, переважно солі гетероциклічних азотомісних сполук. Іонні рідини можуть містити солі алкілованих або поліалкілованих гетероароматичних сполук. Такі алкіловані або поліалкіловані гетероароматичні сполуки можуть являти собою алкіловані піридини, піридазини, піримідини, піразини, імідазоли, піразоли, оксазоли або триазоли. Алкільні замісники можуть мати ланцюг довжиною від C і до C₄₀ і можуть бути прямоланцюжковими, розгалуженими або заміщеними. Алкільні замісники можуть бути ідентичними або різними. Іонні рідини можуть являти собою солі заміщених іонів амонію N(алкіл)₃(R)⁽⁺⁾, 1,3-діалкілімідазолію або іонів фосфонію P(алкіл)₃(R)⁽⁺⁾.

Як катіони можуть застосовуватися, наприклад, такі типи катіонів, як bmim, bm₂m, emim, ommim, mmim, bury, C₆Py, C₈Py, N_{8,8,1}, N_{6,2,2}, [MeNEt₃], [MeNBu₃], [MeNPent₃], [MeNHex₃].

Катіони також можуть бути одно- або багатозарядними. Аніони також можуть бути одно- або багатозарядними.

Як аніони можуть застосовуватися фосфати, аміді, сульфати, тетрафлоро(алюмінати), сульфати, нітрати, нітрити, алкілсульфати, алкілсульфонати або галогеніди. Як аніони придатні для застосування, наприклад, хлорид, бромід, йодид, HSO₄⁽⁻⁾, BF₄⁽⁻⁾, BCl₄⁽⁻⁾, PF₆⁽⁻⁾, AsF₆⁽⁻⁾, Sb₆⁽⁻⁾, HCO₃⁽⁻⁾, лактати, сахаринати, Al(Cl)₄⁽⁻⁾, Al₂(Cl)₇⁽⁻⁾, Al₃Cl₁₀⁽⁻⁾, CuCl₂⁽⁻⁾, Cu₂Cl₃⁽⁻⁾, Cu₃Cl₄⁽⁻⁾, SnCl₃⁽⁻⁾, Sn₂Cl₅⁽⁻⁾, CH₃-SO₄⁽⁻⁾, CH₃-CH₂-SO₄⁽⁻⁾, CF₃-SO₃⁽⁻⁾, CH₃-SO₃⁽⁻⁾, CF₃-COO⁽⁻⁾, C₈H₁₇-(SO₄)⁽⁻⁾, C₁₆H₃₃-(SO₄)⁽⁻⁾, біс[(трифторметил)сульфоніл]амід або тозилат.

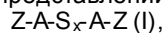
Як іонні рідини можуть використовуватися серед інші суміші LiAlCl₄-AlCl₃, NaAlCl₄-AlCl₃, KAlCl₄-AlCl₃, MgAlCl₄-AlCl₃, NaAlCl₄-KAlCl₄, NaAlCl₄-KAlCl₄-AlCl₃, NaAlCl₄-KAlCl₄-MgCl₂, KAlCl₄-Ca(AlCl₄)₂ або NaAlCl₄-KAlCl₄-LiAlCl₄. Краще використовувати евтектичні суміші або суміші, близькі до точки ев-

тектики. Як іонні рідини придатні для використання, наприклад, LiAlCl₄, NaAlCl₄, KAlCl₄, Mg(AlCl₄)₂ або Ca(AlCl₄)₂.

Катіони й аніони можуть бути ідентичні такими, котрі зазначені в P. Wasserscheid і W. Keim в Angew. Chem. Int. Ed. 39, 2000, сс. 3773. Катіони й аніони можуть бути ідентичні такими, котрі зазначені в T. Welton в Chem. Rev. 99, 1999, сс. 2071.

Біс(алкоксисилілорганіл)полісульфід, що гідрується, може бути змішаний з відповідною полярною або неполярною, протонною або апротонною речовиною.

Біс(алкоксисилілорганіл)полісульфід може бути представлений загальною формулою (I)



де

x означає число від 1 до 14, краще від 1 до 8, більш краще від 2 до 4, найкраще від 2 до 2,6,

Z має ідентичні або різні значення і означає SiX¹X²X³ або Si(OCH₂-CH₂)₃N, а

X¹, X², X³ кожен незалежно один від одного

може означати гідроксигрупу (-OH),

прямий або розгалужений або циклічний вуглеводневий ланцюг з 1-18 атомами вуглецю (C₁-C₁₈), краще з C₁-C₁₀, краще метил, етил, пропіл або бутіл,

залишок алкілкарбонової кислоти [(C_yH_{2y+1})C(=O)O-], де y означає 1-25],

залишок алкенілкарбонової кислоти, наприклад, ацетокси -CH₃-(C=O)O-,

залишок заміщеної алкілкарбонової кислоти, відповідно алкенілкарбонової кислоти,

циклоалкановий залишок з 5-12 атомами вуглецю,

бензильний залишок, галоген- або алкілзаміщений фенільний залишок,

алкоксигрупи, переважно C₁-C₂₄алкоксигрупи, із прямими або розгалуженими вуглеводневими ланцюгами, особливо краще метокси-(CH₃O-), етоксид-(C₂H₅O-), пропоксид-(C₃H₇O-), бутоксид-(C₄H₉O-), додецилоксид-(C₁₂H₂₅O-), тетрадецилоксид-(C₁₄H₂₉O-), гексадецилоксид-(C₁₆H₃₃O-) або октадецилоксид-(C₁₈H₃₇O-),

циклоалкоксигрупу з C₅-C₁₂атомами,

галоген- або алкілзаміщену феноксигрупу,

бензилоксигрупу,

алкілефірну групу O-(CR¹₂-CR¹₂)_n-O-Alk або алкілполіефірну групу O-(CR¹₂-CR¹₂)_n-Alk, де n означає 2-25, переважно 2-15, особливо краще 3-10, найкраще 3-6, R¹ у кожному випадку незалежно від інших його значень являє собою H або алкілну групу, переважно групу CH₃, Alk означає прямий або розгалужений, насичений або ненасичений алкільний ланцюг з 1-30 атомами вуглецю (C₁-C₃₀), краще C₁-C₂₀, особливо краще C₄-C₁₈, найкраще C₈-C₁₆ланцюг,

A означає прямий або розгалужений, насичений або ненасичений аліфатичний, ароматичний або змішаний аліфатичний/ароматичний, C₁-C₃₀вуглеводневий двовалентний ланцюг, краще C₁-C₃ланцюг, особливо краще (-CH₂-), (-CH₂)₂, (-CH₂)₃, (-CH(CH₃)-CH₂-) або (-CH₂-CH(CH₃)-).

A може бути прямоланцюжковим або розгалуженим і містити насичені, так само як і ненасичені зв'язки. Замість водневих замісників A може мати

різні інші замісники, такі, наприклад, як -CN, галогени, наприклад -Cl, -Br або -F, спиртові функціональні групи -OH і алкоксида.

Як А краще використовувати CH_2 , CH_2CH_2 , $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2$, $\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)$, $\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2$, $\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2$, $\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)$ або $\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)$.

Як силан загальної формули (I) можна використовувати, наприклад, наступні сполуки:

$[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_2$, $[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_3$,
 $[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_4$, $[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_5$,
 $[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_6$, $[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_7$,
 $[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_8$, $[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_9$,
 $[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{10}$, $[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{11}$,
 $[(\text{MeO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{12}$, $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_2$,
 $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_3$, $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_4$,
 $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_5$, $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_6$,
 $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_7$, $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_8$,
 $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_9$, $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{10}$,
 $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{11}$, $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{12}$,
 $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{13}$, $[(\text{EtO})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{14}$,
 $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_2$, $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_3$,
 $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_4$, $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_5$,
 $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_6$, $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_7$,
 $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_8$, $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_9$,
 $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{10}$, $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{11}$,
 $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{12}$, $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{13}$,
 $[(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_{14}$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_3]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_3]$,
 $[(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O})_3]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_3]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_3]$,
 $[(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{O})_3]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,

$[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_3]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_3]$,
 $[(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O})_3]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OEt})_3]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})(\text{OEt})_2]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_2(\text{OEt})]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})(\text{EtO})_2\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_3]$,
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_2(\text{EtO})\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_3]$ або
 $[(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3]_2\text{S}_x[(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O})_3]$.

Біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіди, що застосовуються як вихідна речовина, можуть являти собою суміш різних біс(алкоксисилілорганіл)полісульфідів, що містять від $-\text{S}_1-$ до $-\text{S}_{14}-$, або біс(алкоксисилілорганіл)полісульфід із сірчанним ланцюгом відповідної довжини. Краще як біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіди застосовувати біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіди із середньою довжиною ланцюга S_x , що дорівнює S_2 - $\text{S}_{2,7}$ ($-\text{S}_x-$ при $x=2-14$ можна визначати за допомогою РХВРЗ (рідинна хроматографія високої роздільної здатності) або ^1H -ЯМР).

Як кращі значення групи Z, коли вона являється собою $\text{Si}^1\text{X}^2\text{X}^3$, можна назвати $-\text{Si}(\text{OMe})_3$, $-\text{Si}(\text{OEt})_3$, $-\text{SiMe}(\text{OMe})_2$, $-\text{SiMe}(\text{OEt})_2$, $-\text{SiMe}_2(\text{OMe})$, $-\text{SiMe}_2(\text{OEt})$, $-\text{Si}(\text{OC}_{12}\text{H}_{25})_3$, $\text{Si}(\text{OC}_{14}\text{H}_{29})_3$, $\text{Si}(\text{OC}_{16}\text{H}_{33})_3$, $\text{Si}(\text{OC}_{18}\text{H}_{37})_3$, $\text{Si}(\text{OC}_{14}\text{H}_{29})_2(\text{OC}_{16}\text{H}_{33})$, $\text{Si}(\text{OC}_{14}\text{H}_{29})_2(\text{OC}_{18}\text{H}_{37})$, $\text{Si}(\text{OC}_{16}\text{H}_{33})_2(\text{OC}_{14}\text{H}_{29})$, $\text{Si}(\text{OC}_{16}\text{H}_{33})_2(\text{OC}_{18}\text{H}_{37})$, $\text{Si}(\text{OC}_{18}\text{H}_{37})_2(\text{OC}_{16}\text{H}_{33})$ або $\text{Si}(\text{OC}_{14}\text{H}_{29})(\text{OC}_{18}\text{H}_{37})_2$.

Як біс(алкоксисилілорганіл)полісульфід можуть застосовуватися Si 266, Si 266/2, Si 261, Si 75 і Si 69 фірми Degussa AG, Silquest A 1589, Silquest A 1289 або Silquest A 15304 фірми General Electric-Osi, KBE 846 або KBE 856 фірми Shin-Etsu Chemical Co. Ltd., Cabrus 4, Cabrus 2A або Cabrus 2B фірми Daiso Co. Ltd. і HP 669 або HP 1589 фірми Hung Pai Chemical Company.

У залежності від технологічних особливостей біс(алкоксисилілорганіл)полісульфід може містити 3-хлорорганіл(алкоксисилан) у кількості від 0,01 до 5мас.%. У залежності від технологічних особливостей біс(алкоксисилілорганіл)полісульфід може містити елементарну сірку в кількості від 0,001 до

1мас.%. У залежності від технологічних особливостей біс(алкоксисилоргані)полісульфід може містити спирт у кількості від 0,001 до 1мас.%.

Утворений меркаптооргані(алкоксисилан) може являти собою сполуку загальної формули (II) $Z-A-SH$ (II),

де кожний з Z і A незалежно один від одного має значення, зазначені для формули (I).

Група $-SiX^1X^2X^3$ у формулі (II) переважно може являти собою $-Si(OMe)_3$, $-Si(OMe)_2OH$, $-Si(OMe)(OH)_2$, $-Si(OEt)_3$, $-Si(OEt)_2OH$, $-Si(OEt)(OH)_2$, $-SiMe(OMe)_2$, $-SiMe(OEt)_2$, $-SiMe(OH)_2$, $-SiMe_2(OMe)$, $-SiMe_2(OEt)$, $-SiMe_2(OH)$, $-Si[O(CO)CH_3]_3$, $-Si(OC_{12}H_{25})_3$, $-Si(OC_{14}H_{29})_3$, $-Si(OC_{16}H_{33})_3$, $-Si(OC_{18}H_{37})_3$, $-Si(OC_{14}H_{29})_2(OC_{16}H_{33})$, $-Si(OC_{16}H_{33})_2(OC_{18}H_{37})$, $-Si(OC_{18}H_{37})_2(OC_{16}H_{33})$, $-Si(OC_{16}H_{33})_2(OC_{18}H_{37})$, $-Si(OC_{18}H_{37})_2(OC_{16}H_{33})$ або $-Si(OC_{14}H_{29})(OC_{18}H_{37})_2$.

Утворений меркаптооргані(алкоксисилан) може являти собою суміш сполук загальної формули (II).

Як приклади меркаптооргані(алкоксисиланів) загальної формули (II) можна назвати наступні сполуки:

3-меркаптопропіл(триметоксисилан),
3-меркаптопропіл(диметоксигідроксисилан),
3-меркаптопропіл(триетоксисилан),
3-меркаптопропіл(діетоксигідроксисилан),
3-меркаптопропіл(діетоксиметоксисилан),
3-меркаптопропіл(трипропоксисилан),
3-меркаптопропіл(дипропоксиметоксисилан),
3-меркаптопропіл(дипропоксигідроксисилан),
3-меркаптопропіл(тридодеканооксисилан),
3-меркаптопропіл(дидодеканооксигідроксисилан),
3-меркаптопропіл(тритетрадеканооксисилан),
3-меркаптопропіл(тригексадеканооксисилан),
3-меркаптопропіл(триоктадеканооксисилан),
3-меркаптопропіл(дидодеканоокси)тетрадеканооксисилан,
3-меркаптопропіл(додеканоокси)тетрадеканоокси(гексадеканоокси)силан,
3-меркаптопропіл(диметоксиметилсилан),
3-меркаптопропіл(метоксиметилгідроксисилан),
3-меркаптопропіл(метоксидиметилсилан),
3-меркаптопропіл(гідроксидиметилсилан),
3-меркаптопропіл(діетоксиметилсилан),
3-меркаптопропіл(етоксигідроксиметилсилан),
3-меркаптопропіл(етоксидиметилсилан),
3-меркаптопропіл(дипропоксиметилсилан),
3-меркаптопропіл(пропоксиметилгідроксисилан),
3-меркаптопропіл(пропоксидиметилсилан),
3-меркаптопропіл(діпропоксиметилсилан),
3-меркаптопропіл(ізопропоксидиметилсилан),
3-меркаптопропіл(дибутоксиметилсилан),
3-меркаптопропіл(бутоксидиметилсилан),
3-меркаптопропіл(дізобутоксиметилсилан),
3-меркаптопропіл(ізобутоксиметилгідроксисилан),
3-меркаптопропіл(ізобутоксидиметилсилан),
3-меркаптопропіл(дидодеканооксиметилсилан),
3-меркаптопропіл(додеканооксидиметилсилан),

3-меркаптопропіл(дитетрадеканооксиметилсилан),

3-меркаптопропіл(тетрадеканооксиметилгідроксисилан),

3-меркаптопропіл(тетрадеканооксидиметилсилан),

2-меркаптоетил(триметоксисилан),

2-меркаптоетил(триетоксисилан),

2-меркаптоетил(діетоксиметоксисилан),

2-меркаптоетил(трипропоксисилан),

2-меркаптоетил(дипропоксиметоксисилан),

2-меркаптоетил(тридодеканооксисилан),

2-меркаптоетил(тритетрадеканооксисилан),

2-меркаптоетил(тригексадеканооксисилан),

2-меркаптоетил(триоктадеканооксисилан),

2-меркаптоетил(дидодеканоокси)тетрадеканооксисилан,

2-меркаптоетил(додеканоокси)тетрадеканоокси(гексадеканоокси)силан,

2-меркаптоетил(диметоксиметилсилан),

2-меркаптоетил(метоксиметилгідроксисилан),

2-меркаптоетил(метоксидиметилсилан),

2-меркаптоетил(діетоксиметилсилан),

2-меркаптоетил(етоксидиметилсилан),

2-меркаптоетил(гідроксидиметилсилан),

1-меркаптометил(триметоксисилан),

1-меркаптометил(триетоксисилан),

1-меркаптометил(діетоксиметоксисилан),

1-меркаптометил(діетоксигідроксисилан),

1-меркаптометил(дипропоксиметоксисилан),

1-меркаптометил(трипропоксисилан),

1-меркаптометил(триметоксисилан),

1-меркаптометил(диметоксиметилсилан),

1-меркаптометил(метоксидиметилсилан),

1-меркаптометил(діетоксиметилсилан),

1-меркаптометил(етоксиметилгідроксисилан),

1-меркаптометил(етоксидиметилсилан),

3-меркаптобутил(триметоксисилан),

3-меркаптобутил(триетоксисилан),

3-меркаптобутил(діетоксиметоксисилан),

3-меркаптобутил(трипропоксисилан),

3-меркаптобутил(дипропоксиметоксисилан),

3-меркаптобутил(диметоксиметилсилан),

3-меркаптобутил(діетоксиметилсилан),

3-меркаптобутил(диметилметоксисилан),

3-меркаптобутил(диметилгідроксисилан),

3-меркаптобутил(тридодеканооксисилан),

3-меркаптобутил(тритетрадеканооксисилан),

3-меркаптобутил(тригексадеканооксисилан),

3-меркаптобутил(дидодеканоокси)тетрадеканооксисилан,

3-меркаптобутил(додеканоокси)тетрадеканоокси(гексадеканоокси)силан,

3-меркапто-2-метилпропіл(триметоксисилан),

3-меркапто-2-метилпропіл(триетоксисилан),

3-меркапто-2-метилпропіл(діетоксиметоксисилан),

3-меркапто-2-метилпропіл(трипропоксисилан),

3-меркапто-2-метилпропіл(дипропоксиметоксисилан),

3-меркапто-2-метилпропіл(тридодеканооксисилан),

3-меркапто-2-метилпропіл(тритетрадеканооксисилан),

$[(C_{12}H_{25}O-(CH_2-CH_2O)_6]_3Si(CH_2)_3SH$,
 $[(C_{13}H_{27}O-(CH_2-CH_2O)_2]_3Si(CH_2)_3SH$,
 $[(C_{13}H_{27}O-(CH_2-CH_2O)_3]_3Si(CH_2)_3SH$,
 $[(C_{13}H_{27}O-(CH_2-CH_2O)_4]_3Si(CH_2)_3SH$,
 $[(C_{13}H_{27}O-(CH_2-CH_2O)_5]_3Si(CH_2)_3SH$,
 $[(C_{13}H_{27}O-(CH_2-CH_2O)_6]_3Si(CH_2)_3SH$,
 $[(C_{14}H_{29}O-(CH_2-CH_2O)_2]_3Si(CH_2)_3SH$,
 $[(C_{14}H_{29}O-(CH_2-CH_2O)_3]_3Si(CH_2)_3SH$,
 $[(C_{14}H_{29}O-(CH_2-CH_2O)_4]_3Si(CH_2)_3SH$,
 $[(C_{14}H_{29}O-(CH_2-CH_2O)_5]_3Si(CH_2)_3SH$,
 $[(C_{14}H_{29}O-(CH_2-CH_2O)_6]_3Si(CH_2)_3SH$ або
 $HS-CH_2-CH_2-CH_2-Si(OCH_2-CH_2)_3N$.

Пропонований у винаході спосіб можна здійснювати в умовах гідрогенлізу. Гідрування можна проводити при надлишковому тиску водню від 5 до 250 бар, краще від 10 до 200 бар, особливо краще від 10 до 99 бар, найкраще від 10 до 75 бар. Гідрування можна проводити при температурі в інтервалі від 50 до 250°C, краще від 75 до 199°C, особливо краще від 100 до 175°C, найкраще від 110 до 170°C.

Тривалість реакції при гідруванні може становити менше 300хв., переважно менше 270хв., особливо краще менше 240хв., найкраще менше 210хв.

До початку реакції, у ході реакції або наприкінці реакції до реакційної суміші можна додавати відповідні домішки. Такі домішки можуть сприяти збільшенню довговічності каталізаторів, які застосовуються. Домішки здатні спростити або поліпшити використання каталізаторів, які застосовуються. Домішки можуть підвищити можливість повторного використання каталізаторів, які застосовуються. Домішки можуть підвищити рентабельність способу.

Зазначені домішки можуть являти собою сіркоорганічні сполуки, алкоксилати титану, аміни, органічні, відповідно неорганічні кислоти або основи або їх суміші. Як домішки можна використовувати карбонові кислоти, ДМСО, моноалкіламіни, діалкіламіни або триалкіламіни. Як домішки можна використовувати також $Ti(OC_4H_9)_4$ або $Ti(OC_3H_7)_4$.

Каталізатор на основі перехідного металу може являти собою такий каталізатор, каталітично активним компонентом якого є один або декілька металів групи VIII. Як такий каталітичний активний компонент може використовуватися нікель, кобальт, родій, рутеній, паладій, іридій або платина.

Каталітично активний компонент може бути поліпшений відповідною домішкою або він може містити додаткові компоненти, такі, наприклад, як лужні метали, краще Li, Na, K або Rb, лужноземельні метали, краще Be, Mg, Ca, Sr або Ba, елементи головної групи 3, краще B, Al, Ga або In, елементи головної групи 4, краще C, Si, Ge, Sn або Pb, елементи головної групи 5, краще N, P, As або Sb, елементи головної групи 6, краще O, S, Se або Te, елементи головної групи 7, краще F, Cl, Br або I, елементи побічних груп, краще Sc, Y, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, Fe, Ru, Co, Rh, Ir, Ni, Pd, Pt, Cu, Ag, Au, Zn або Cd.

Домішку, що поліпшує каталітично активний компонент, краще вводити у вигляді гідриду, оксиду, галогеніду, наприклад фториду, хлориду, броміду або йодиду, у вигляді сульфіду або нітриду.

Каталізатори на основі перехідного металу з поліпшуючою домішкою можуть являти собою пористі скелетні каталізатори типу каталізаторів Ренея, доповнені відповідними перехідними металами і/або сполуками перехідних металів, наприклад молібденом. Каталізатори на основі перехідного металу з поліпшуючою домішкою можуть являти собою пористі активовані металеві каталізатори, такого типу як каталізатор Ренея, доповнені відповідними перехідними металами і/або сполуками перехідних металів, наприклад молібденом. Подібні каталізатори на основі перехідного металу з поліпшуючою домішкою можуть являти собою переважно активовані нікелеві каталізатори типу каталізаторів Ренея, доповнені відповідними перехідними металами і/або сполуками перехідних металів, наприклад молібденом.

Масова частка поліпшуючої домішки (у вигляді елемента або у вигляді хімічної сполуки) може становити, у перерахунку на масу каталізатора на основі перехідного металу з подібною домішкою, від 0,00001 до 80мас.%, переважно від 0,0001 до 50мас.%, особливо краще від 0,001 до 15мас.%, найкраще від 0,01 до 7,5мас.%.

Каталітично активний компонент може являти собою вискодисперсний, не нанесений на який-небудь носій, активований метал. Такий активований, не нанесений на носій метал може застосовуватися у вигляді твердої речовини, у суспензії або у введеному у воски або олію вигляді. Разом з тим каталітично активний компонент може бути нанесений на один з відомих, таких, що звичайно використовуються при приготуванні каталізаторів носіїв, як, наприклад, діатомова земля, вуглець, кремнієва кислота, активоване вугілля, кізельгур, глинозем або алюмосилікат.

Концентрація каталізатора може становити, у перерахунку на каталітично активний метал, від 0,0001 до 1ммоль на 1г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду.

При використанні кобальту як активний метал концентрація каталізатора переважно може становити, у перерахунку на цей каталітично активний метал, від 0,001 до 1ммоль, особливо краще від 0,008 до 0,5ммоль, найкраще від 0,01 до 0,1ммоль на 1г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду.

При використанні нікелю як активний метал концентрація каталізатора переважно може становити, у перерахунку на цей каталітично активний метал, від 0,001 до 1ммоль, особливо краще від 0,01 до 1ммоль, найкраще від 0,1 до 0,9ммоль на 1г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду.

При використанні рутенію як активний метал концентрація каталізатора переважно може становити, у перерахунку на цей каталітично активний метал, від 0,001 до 1ммоль, особливо краще від 0,005 до 0,5ммоль, найкраще від 0,005 до 0,1ммоль на 1г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду.

При використанні родію як активний метал концентрація каталізатора переважно може становити, у перерахунку на цей каталітично активний метал, від 0,001 до 1ммоль, особливо краще від 0,005 до 0,5ммоль, найкраще від 0,005 до

0,1ммоль на 1г
біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду.

При використанні паладію як активний метал концентрація каталізатора переважно може становити, у перерахунку на цей каталітично активний метал, від 0,001 до 1ммоль, особливо краще від 0,005 до 1ммоль, найкраще від 0,05 до 1ммоль на 1г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду.

При використанні іридію як активний метал концентрація каталізатора переважно може становити, у перерахунку на цей каталітично активний метал, від 0,001 до 1ммоль, особливо краще від 0,005 до 0,5ммоль, найкраще від 0,005 до 0,1ммоль на 1г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду.

При використанні платини як активний метал концентрація каталізатора переважно може становити, у перерахунку на цей каталітично активний метал, від 0,001 до 1ммоль, особливо краще від 0,005 до 0,5ммоль, найкраще від 0,005 до 0,1ммоль на 1г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду.

Як параметр для порівняння різної швидкості гідрогенолізу при відповідній заданій температурі Т та постійному тиску р може використовуватися конверсія, виражена в кількісному вигляді відношенням "перетворення едукту" на "ммоль металу каталізатора" за "хвилину".

Якщо конверсію вдається підвищити при більш низьких температурах, то це розцінюється як істотне поліпшення з погляду екології, енерговитрат і рентабельності. Енергетичний ККД способу зростає при більш низьких температурах, вихід продукту з одиниці об'єму за одиницю часу збільшується в міру збільшення конверсії й у багатьох випадках при знижених температурах і тиску спрощується також робота з речовинами, що використовуються та одержуються. І, нарешті, при більш низьких температурах і тиску знижується навантаження на технологічне устаткування.

Конверсія може становити від 0,001 до 10г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду на 1ммоль каталітично активного металу.

При використанні кобальту як активний метал конверсія переважно може становити від 0,001 до 10г, особливо переважно від 0,01 до 10г, найбільш переважно від 0,1 до 5г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду на 1ммоль каталітично активного металу за хвилину.

При використанні нікелю як активний метал конверсія переважно може становити від 0,001 до 10г, особливо переважно від 0,01 до 10г, найбільш переважно від 0,1 до 5г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду на 1ммоль каталітично активного металу за хвилину.

При використанні рутенію як активний метал конверсія переважно може становити від 0,001 до 10г, особливо переважно від 0,01 до 5г, найбільш переважно від 0,1 до 3г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду на 1ммоль каталітично активного металу за хвилину.

При використанні родію як активний метал конверсія переважно може становити від 0,001 до 10г, особливо переважно від 0,01 до 5г, найбільш переважно від 0,1 до 3г

біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду на 1ммоль каталітично активного металу за хвилину.

При використанні паладію як активний метал конверсія переважно може становити від 0,001 до 10г, особливо переважно від 0,01 до 5г, найбільш переважно від 0,1 до 3г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду на 1ммоль каталітично активного металу за хвилину.

При використанні іридію як активний метал конверсія переважно може становити від 0,01 до 10г, особливо краще від 0,1 до 5г, найбільш переважно від 0,15 до 3г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду на 1ммоль каталітично активного металу за хвилину.

При використанні платини як активний метал конверсія переважно може становити від 0,01 до 10г, особливо переважно від 0,1 до 5г, найбільш переважно від 0,5 до 5г біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду на 1ммоль каталітично активного металу за хвилину.

Як параметр для порівняння різної швидкості гідрогенолізу при відповідній заданій температурі Т та постійному тиску р може використовуватися молярна конверсія, виражена в кількісному вигляді відношенням "утворений продукт у ммоль" на "каталітично активний метал" за "хвилину".

Молярна конверсія може становити від 0,001 до 50ммоль меркаптоорганіл(алкоксисилану) на 1ммоль каталітично активного металу за хвилину.

При застосуванні каталізаторів на основі перехідного металу, які містять залізо, нікель, кобальт, рутеній, родій, платину, іридій або паладій, молярна конверсія може становити від 0,001 до 50ммоль, переважно від 0,01 до 40ммоль, особливо переважно від 0,05 до 30ммоль, найбільш переважно від 0,1 до 20ммоль меркаптоорганіл(алкоксисилану) на 1ммоль перехідного металу групи VIII, що міститься, за хвилину.

Пропонований у винаході спосіб дозволяє перетворювати в необхідний меркаптоорганіл(аікоксисилан) більше 90мас.%, переважно більше 92мас.%, особливо краще більш 94мас.%, найбільш краще 96мас.%, використовуваного біс(алкоксисилілорганіл)полісульфіду.

Завдяки пропонованому у винаході способу відносну частку (мол.%) біс(алкоксисилілорганіл)моноссульфіду, що міститься, вдається підтримувати на постійному рівні.

Пропонований у винаході спосіб дозволяє збільшувати відносну частку (мол.%), біс(алкоксисилілорганіл)моноссульфіду, що міститься.

Пропонований у винаході спосіб дозволяє знижувати відносну частку (мол.%) біс(алкоксисилілорганіл)моноссульфіду, що міститься.

Краще, якщо у пропонованому відповідно до винаходу способі на відносну частку біс(алкоксисилілорганіл)моноссульфіду, що міститься в едукті, може припадати менше 10мас.%, переважно менше 8мас.%, особливо краще менше 6мас.%, найкраще менше 4мас.%.

Пропонований у винаході спосіб можна здійснювати в періодичному або в безперервному режимі. При проведенні способу в періодичному ре-

жимі його можна здійснювати в псевдозрідженому шарі або в суспензії, наприклад, в автоклавах з мішалкою або в реакторах Басса (Buss). При проведенні способу в безперервному режимі його можна здійснювати в псевдозрідженому шарі з безперервною подачею рідини та газу. При здійсненні способу в безперервному режимі можуть застосовуватися відомі реактори, призначені для проведення реакцій за участю газоподібних, рідких і твердих матеріалів. Типовими представниками реакторів з нерухомим або псевдозрідженим шаром каталізатора є серед інших реактори, у яких реагенти пропускаються через шар каталізатора низхідним і висхідним потоком, а як суспензійні реактори можна назвати, наприклад, реактор з мішалкою, барботувальну колону і реактор з киплячим шаром.

Перевага пропонованого у винаході способу полягає в тому, що гідрогеноліз полісульфідів можна успішно проводити також без використання високотоксичного H_2S або спиртів у більш м'яких умовах у порівнянні з описаними в рівні техніки. Крім того, у результаті відмовлення від застосування спеціальних знезаражуючих реагентів не спостерігається ніякого негативного впливу на процес гідрування.

Пропонований у винаході спосіб завдяки застосуванню описаних вище каталізаторів забезпечує при розщепленні біс(алкоксисилілорганіл)полісульфідів за допомогою H_2 високу активність.

Пропонований у винаході спосіб дозволяє відмовитися від використання знезаражуючих реагентів. У порівнянні з рівнем техніки при гідруванні

біс(алкоксисилілорганіл)полісульфідів як таких без використання знезаражуючих реагентів у випадку застосування, наприклад, рутенію вдається вдвічі підвищити конверсію. Настільки високого ступеня конверсії вдається досягти вже при більш м'яких умовах реакції стосовно температури і тиску в порівнянні з описаними в рівні техніки полісульфансильановими системами, у яких відсутні знезаражуючі реагенти. Завдяки підвищенню конверсії вдається не тільки значно збільшити вихід з одиниці об'єму за одиницю часу, але і знизити також питому витрату енергії при одержанні меркаптоорганіл(алкоксисиланів) 3

біс(алкоксисилілорганіл)полісульфідів шляхом відновлювального розщеплення за допомогою H_2 . Зниження витрати енергії і більш м'які умови реакції дозволяють зменшити навантаження на технологічну установку і знизити зокрема її знос. На завершення слід зазначити і те, що в результаті зниження витрати енергії при одержанні меркаптоорганіл(алкоксисиланів) поліпшується енергобаланс процесу і зменшується забруднення навколишнього середовища.

Приклади

У таблиці 1 представлені порівняльні приклади з патенту US 6433206. Як полісульфансильан в ньому без яких-небудь докладних пояснень описане застосування дисульфансильанової суміші, що містить переважно біс(3-триетоксисилілпропіл)дисульфід. У цьому патенті нічого не йдеться і про утворення побічних продуктів. Аналіз одержуваних продуктів проводять методами газової хроматографії, але якими саме і як, не конкретизовано.

Таблиця 1: Порівняльні приклади

№	Умови			Матеріали і їхня кількість					Час	Склад продуктів				Конверсія	Масовий баланс
	Температура	Надлишковий тиск	Тиск	Каталізатор	Кількість каталізатора	Кількість металу на каталізатор	Молярна кількість металу на каталізатор	Кількість полсульфан-силану	Час	SH	S1	S2	Sx	Кількість перетвореного силану в перерахунку на кіл-ть металу каталізатора за хвилину	Сумарна кількість продукту (силану)
	°C	фунти/кв. дюйм	бар		г	г	ммоль	г	хв	мас.%	мас %	мас %	мас.%	г/ммоль/хв	мас.%
1	190	620	104,16	55% Ni на кізельгурі	2	1,1	18,7	591,4	60	11,2	9,5	69,4	7,3	0,059	97,4
									120	18,4	9	63	7,2	0,048	97,6
									180	30,7	8,5	52,6	5	0,054	96,8
5	190	600	100,8	55% Ni на кізельгурі	5	2,75	46,9	502	60	13,6	8,9	62,5	7,3	0,024	92,3
									120	30,7	7,8	49,8	3	0,027	91,3
									180	44	7,5	36,2	0	0,026	87,7
6	200	600	100,8	55% Ni на кізельгурі	5	2,75	46,9	490	60	18,2	8,4	62	5,7	0,032	94,3
									120	39	8	45,9	1,6	0,034	94,5
									180	57	7,88	28,7	0	0,033	93,6
3	190	300	50,4	55% Ni на кізельгурі	5	2,75	46,9	547	60	10,8	8,33	65,4	9,7	0,021	94,2
									120	39,1	7,94	44,9	1,6	0,038	93,5
									0	0					
4	190	1000	168	55% Ni на кізельгурі	5	2,75	46,9	503	60	17,8	8,69	60,2	8	0,032	94,7
									120	66,5	7,9	20,7	0	0,059	95,1
2	100	1400	235,2	5% Pd/C	4	0,2	1,9	637	60	1,9	9,8	89,1	1,2	0,107	102,0

У таблицях 2, 3 і 4 представлені приклади одержання пропонованих у винаході сполук на основі дисульфансилану. В установці фірми Chemscan, що складається з 8 автоклавів, що мають загальне нагрівання від масляної бані, об'єм робочого простору яких становить 20мл і які оснащені якими магнітними мішалками, що обертаються навколо розміщеної по центру робочого простору кожного з автоклавів нерухомої осі з швидкістю 1300об/хв, в умовах, приведених у таблицях 2, 3 і 4, проводять каталітичне підрування біс(алкоксисилілорганіл)дисульфід Si 266 (комерційно доступний продукт фірми Degussa AG). Реакцію завершують після закінчення зазначеного проміжку часу.

У стовпчиках таблиць 2, 3 і 4 під заголовком "Склад продуктів" як компоненти враховані тільки меркаптопропіл(триетоксисилан), біс(триетоксисилілпропіл)дисульфід, біс(триетоксисилілпропіл)трисульфід і

біс(триетоксисилілпропіл)тетрасульфід, тоді як інші два компоненти - біс(триетоксисилілпропіл)моносульфід і 3-хлорпропіл(триетоксисилан) - до уваги не прийняті.

Зазначений склад продуктів визначають за допомогою ^1H -ЯМР.

Продукт, що використовувався в дослідях, Si 266 згідно з даними комбінованого аналізу ГХ/РХВРЗ та ЯМР містить 1,7мас.% біс(триетоксисилілпропіл)моносульфід, 84мас.% біс(триетоксисилілпропіл)дисульфід, 12мас.% біс(триетоксисилілпропіл)трисульфід та 1мас.% біс(триетоксисилілпропіл)тетрасульфід.

Середня довжина ланцюга суміші полісульфанів становить, як було встановлено, приблизно 2,14 (враховується тільки середнє значення S2-S8). У продукті, що використовувався, Si 266 міститься 0,8мас.% 3-хлорпропіл(триетоксисилану).

Таблиця 2

№	Тип каталізатора	Маса каталізатора	Кіл-ть металу на каталізатор	Кіл-ть металу на каталізатор	Концентрація силану	Кіл-ть силану	Температура	Тиск	Тривалість реакції	Склад продуктів				Конверсія (Кіл-ть силану, що прореагував, в перерахунку на кіл-ть каталізатора за хвилину) г/ммоль/хв
		мг	мг	ммоль	(г/л)	г				SH	S2	S3	S4	
1	H 105 BA/W 5% Ru	100,4	5,02	0,0497	200/діоксан	1,2	174	95	205	100	0	0	0	0,118
2	H 105 BA/W 5% Ru	52,6	2,63	0,0260	200/діоксан	1,2	176	95	205	100	0	0	0	0,225

Таблиця 3

№	Тип каталізатора	Маса кат-ра	Кіл-ть металу на каталізатор	Кіл-ть металу на каталізатор	Концентрація Si 266 у 1 кг суміші	Кіл-ть Si 266	Температура	Тиск	Тривалість реакції	Склад продуктів				Конверсія (Кіл-ть силану, що прореагував, в перерахунку на кіл-ть каталізатора за хвилину) г/ммоль/хв
		мг	мг	ммоль	г/кг	г				SH	S2	S3	S4	
3	H 105 BA/W5% Ru	50	2,5	0,0247	555/SH	3	163	94	198	68,9	31,1	0,0	0,0	0,153
4	H 105 BA/W5% Ru	50	2,5	0,0247	555/SH	3	157	51	347	56,0	44,0	0,0	0,0	0,042
5	CE 105 R/W 5% Pd + 0,5% Mo	50	2,5	0,023	555/SH	3	162	95	198	65,8	34,2	0,0	0,0	0,140
6	CE 105 R/W 5% Pd + 0,5% Mo	50	2,5	0,023	555/SH	3	159	52	347	55,7	44,3	0,0	0,0	0,043
7	G-49 B / 55 мас.% Ni	50	27,5	0,468	555/SH	3	157	61	198	71,0	29,0	0,0	0,0	0,009
8	G-96 B / 66 мас.% Ni + лужні промотори	50	33	0,562	555/SH	3	153	86	198	100,0	0,0	0,0	0,0	0,015

Таблиця 4

№	Тип каталізатора	Маса каталізатора	Кіл-ть металу на каталізатор	Кіл-ть металу на каталізатор	Концентрація силану	Кіл-ть Si 266	Температура	Тиск	Тривалість реакції	Склад продуктів				Конверсія
		мг	мг	ммоль	г/л	н	°C	бар	хв.	мас.%	мас.%	мас.%	мас.%	мг/ммоль/хв
9	E 105 RS/W 5% Pd	99,8	4,99	0,047	400/цикло-гексан	2,4	168	50	360	100	0	0	0	0,142
10	E 105 RS/W 5% Pd	85,8	4,29	0,040	200/цикло-гексан	1,2	170	50	220	86	14	0	0	0,116
11	CE 105 R/W 5% Pd+0,5% Mo	100,2	5,01	0,047	400/цикло-гексан	2,4	157	50	360	95	5	0	0	0,134
12	CE 105 R/W 5% Pd+0,5% Mo	50,4	2,52	0,024	200/цикло-гексан	1,2	167	50	417	94	6	0	0	0,114
13	H 105 BA/W 5% Ru	99,3	4,965	0,049	500/цикло-гексан	3	168	50	485	100	0	0	0	0,126
14	H 105 BA/W 5% Ru	100,4	5,02	0,050	400/цикло-гексан	2,4	173	50	360	100	0	0	0	0,134
15	H 105 BA/W 5% Ru	50,2	2,51	0,025	200/цикло-гексан	1,2	164	95	321	88	12	0	0	0,132

У таблиці 5 представлені приклади одержання пропонувані у винаході сполук на основі тетра-сульфансилану. В установці фірми Chemscan, що складається з 8 автоклавів, що мають загальне нагрівання від масляної бані, об'єм робочого простору яких становить 20мл і які оснащені якірними магнітними мішалками, що обертаються навколо розміщеної по центру робочого простору кожного з автоклавів нерухомої осі з швидкістю 1300об/хв, в умовах, приведених у таблиці 5, проводять каталітичне підрування біс(алкоксисилілоргані)тетрасульфід Si 69 (комерційно доступний продукт фірми Degussa AG). Реакцію завершують після закінчення зазначеного проміжку часу.

У стовпчиках таблиці 5 під заголовком "Склад продуктів" як компоненти втрачені тільки меркаптопропіл(триетоксисилан), біс(триетоксисилілпропіл)дисульфід, біс(триетоксисилілпропіл)трисульфід і біс(триетоксисилілпропіл)тетрасульфід, тоді як

інші два компоненти - біс(триетоксисилілпропіл)моносульфід і 3-хлорпропіл(триетоксисилан) - до уваги не прийняті.

Зазначений склад продуктів визначають за допомогою ¹H-ЯМР.

Продукт, що використовувався в досліді, Si 69 згідно з даними комбінованого аналізу ГХ/РХВРЗ та ЯМР містить 0,1мас.% біс(триетоксисилілпропіл)моносульфід, 17мас.% біс(триетоксисилілпропіл)дисульфід, 27мас.% біс(триетоксисилілпропіл)трисульфід, 25мас.% біс(триетоксисилілпропіл)тетрасульфід і приблизно 29мас.% біс(триетоксисилілпропіл)полісульфід з -Sx-, де x≥5.

Середня довжина ланцюга суміші полісульфанів становить, як було встановлено, 3,75. У продукті Si 69 міститься 1,4мас.% 3-хлорпропіл(триетоксисилану).

Таблиця 5

№	Тип каталізатора	Маса кат-ра	Кіл-ть металу на каталізатор	Кіл-ть металу на каталізатор	Концентрація силану	Кіл-ть Si 69	Температура	Тиск	Тривалість реакції	Склад продуктів				Конверсія
		мг	мг	ммоль	г/л	г	°C	бар	хв.	мас.%	мас.%	мас.%	мас.%	г/ммоль/хв
16	H 105 BA/W 5% Ru	50,0	2,5	0,025	300/діоксан	1,8	168	64	400	68,2	24,5	7,3	0,0	0,124
17	H 105 BA/W 5% Ru	50,0	2,5	0,025	300/діоксан	1,8	164	89,1	411	69,3	21,1	9,6	0,0	0,123

Приведені в таблицях скорочені назви мають наступні значення:

SH означає 3-меркаптопропіл(триетоксисилан),

S2 означає біс(триетоксисилілпропіл)дисульфід,

S3 означає біс(триетоксисилілпропіл)трисульфід,

S4 означає біс(триетоксисилілпропіл)тетрасульфід.

Si 69 [біс(алкоксисилілоргані)тетрасульфід] і Si 266 [біс(алкоксисилілоргані)дисульфід] є комерційно доступними продуктами фірми Degussa AG.

Каталізатори, коротко позначені як H 105 BA/W 5% Ru, E 105 RS/W 5% Pd, CE 105 R/W 5% Pd + 0,5% Mo та E 105 Y/W 5% Pd, являють собою

порошкові каталізатори на основі благородних металів, які приготовлені шляхом нанесення благородного металу, такого як рутеній або паладій, на пористий носій з високою питомою поверхнею. На частку подібного компонента, яким є благородний метал, припадає при цьому 5 мас.%, у перерахунку на суху масу каталізатора. Зазначені каталізатори застосовують у вигляді твердих порошкоподібних, сипучих речовин. Такі каталізатори нанесені на активоване вугілля.

Каталізатор, коротко позначений як В 111 W, являє собою активований металевий каталізатор, який приготовлений шляхом суспендування вискодисперсного елементарного нікелю у водному розчині. Після відділення металевого компонента такий каталізатор застосовують у вигляді твердої порошкоподібної речовини.

Вищезгадані каталізатори містять активний метал у наступних кількостях: Н 105 BA/W 5% Ru, Е 105 RS/W 5% Pd, СЕ 105 R/W 5% Pd + 0,5% Mo, Е 105 Y/W 5% Pd та В 111 W 100% Ni. Каталізатори G-96 В та Т 8027 є комерційно доступними продуктами фірми Siid-Chemie AG. Каталізатор G-96 В містить 66% нікелю і лужні промотори. Каталізатор Т 8027 містить 52% нікелю і 2,4% цирконію.

Для аналізу продуктів використовують, зокрема, ЯМР-прилад типу DRX 500 фірми Bruker, керуючись при цьому відомими спеціалісту правилами й інструкціями з використання. Вимірювальні частоти: 99,35 МГц для ^{29}Si -ядер і 500,13 МГц для ^1H -ядер. Як контроль використовують тетраметилсилан (ТМС).

Аналіз біс(алкоксисилілорганіл)полісульфідів і меркаптоорганіл(алкоксисиланів), а також їх сумішей можна проводити за допомогою ГХ, РХВРЗ та ЯМР [U. Gori, J. Mimzenberg, D. Luginsland, A. Muller, Kautschuk Gummi Kunststoffe 52(9), 1999, сс. 588, D. Luginsland, Kautschuk Gummi Kunststoffe 53(1-2), 2000, сс. 10, M.W. Backer та ін., вид-во Polymer Preprints, 44(1), 2003, сс. 245].

Як зазначалося вище, при здійсненні пропонуваного у винаході способу можна відмовитися від використання незаражуючих реагентів.

У порівнянні з описаним у рівні техніки підруванням біс(алкоксисилілорганіл)полісульфідів як таких без використання незаражуючих реагентів, наприклад, у випадку застосування рутенію, конверсію вдається збільшити вдвічі.