

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4201795号
(P4201795)

(45) 発行日 平成20年12月24日(2008.12.24)

(24) 登録日 平成20年10月17日(2008.10.17)

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| BO1J 31/34 (2006.01) | BO1J 31/34 M |
| BO1J 35/10 (2006.01) | BO1J 35/10 3O1B |
| BO1J 37/08 (2006.01) | BO1J 37/08 |
| BO1J 37/20 (2006.01) | BO1J 37/20 |
| C1OG 45/08 (2006.01) | C1OG 45/08 A |

請求項の数 6 (全 22 頁)

| | | | |
|---------------|------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2005-502497 (P2005-502497) | (73) 特許権者 | 000105567 |
| (86) (22) 出願日 | 平成15年12月17日(2003.12.17) | | コスモ石油株式会社 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/JP2003/016197 | | 東京都港区芝浦1丁目1番1号 |
| (87) 国際公開番号 | W02004/054712 | (74) 代理人 | 100105647 |
| (87) 国際公開日 | 平成16年7月1日(2004.7.1) | | 弁理士 小栗 昌平 |
| 審査請求日 | 平成16年8月13日(2004.8.13) | (74) 代理人 | 100105474 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2002-366916 (P2002-366916) | | 弁理士 本多 弘徳 |
| (32) 優先日 | 平成14年12月18日(2002.12.18) | (74) 代理人 | 100108589 |
| (33) 優先権主張国 | 日本国(JP) | | 弁理士 市川 利光 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2003-91844 (P2003-91844) | (72) 発明者 | 藤川 貴志 |
| (32) 優先日 | 平成15年3月28日(2003.3.28) | | 埼玉県幸手市権現堂1134-2 コスモ |
| (33) 優先権主張国 | 日本国(JP) | (72) 発明者 | 加藤 勝博 |
| 前置審査 | | | 埼玉県幸手市権現堂1134-2 コスモ |
| | | | 石油株式会社 中央研究所内 |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 軽油の水素化処理触媒及びその製造方法並びに軽油の水素化処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コバルト、ニッケルから選ばれた少なくとも1種を含む化合物、周期律表第6族金属から選ばれた少なくとも1種を含む化合物、有機酸及びリン酸を含有する溶液を用いて製造される軽油の水素化処理触媒であって、

無機酸化物担体上に、触媒基準、酸化物換算にて周期律表第6族金属から選ばれた少なくとも1種を10~40質量%、コバルト、ニッケルから選ばれた少なくとも1種を3~8質量%、リンを1.5~8質量%、更に有機酸由来の炭素を触媒基準、元素換算にて2~4.1質量%含み、かつ有機酸をコバルト、ニッケル1モル当たり0.6~1モル含有し、比表面積が150~300m²/g、細孔容積が0.3~0.6ml/g、平均細孔直径が96~140Åであり、かつ、触媒を、硫化処理後に、NOを吸着させ、拡散反射法FT-IRで観察した際に、コバルト、ニッケルに吸着したNOスペクトル(1840cm⁻¹)の強度をI8族、周期律表第6族金属に吸着したNOスペクトル(1700cm⁻¹)の強度をI6族とした場合、I8族/(I8族+I6族)の値が、0.7~1の範囲内にあることを特徴とする軽油の水素化処理触媒。

【請求項2】

平均細孔直径±15Åの細孔直径を有する細孔の割合が30~75%である細孔分布を有することを特徴とする請求項1に記載の軽油の水素化処理触媒。

【請求項3】

触媒の予備硫化後において、透過型電子顕微鏡により観察される周期律表第6族金属の

二硫化物の層の積層数の平均値が 2.5 ~ 5 であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の軽油の水素化処理触媒。

【請求項 4】

触媒の予備硫化後において、透過型電子顕微鏡により観察される周期律表第 6 族金属の二硫化物の層の平均面方向の長さが 1 ~ 3.5 nm であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の軽油の水素化処理触媒。

【請求項 5】

比表面積 230 ~ 500 m²/g、細孔容積 0.5 ~ 1 ml/g、平均細孔直径 60 ~ 120 である無機酸化担体上に、周期律表第 6 族金属から選ばれた少なくとも 1 種を含む化合物、コバルト、ニッケルから選ばれた少なくとも 1 種を含む化合物、有機酸及びリン酸を含有し、かつ該有機酸の添加量がコバルト、ニッケル 1 モル当たり 0.6 ~ 1 モルである溶液を用い、触媒基準、酸化物換算にて周期律表第 6 族金属を 10 ~ 40 質量%、コバルト、ニッケルを 3 ~ 8 質量%、リンを 1.5 ~ 8 質量%、更に有機酸由来の炭素を触媒基準、元素換算にて 2 ~ 4.1 質量%となるように担持させ、200 以下で乾燥させることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の軽油の水素化処理触媒の製造方法。

10

【請求項 6】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の触媒の存在下、水素分圧 3 ~ 8 MPa、温度 300 ~ 420、液空間速度 0.3 ~ 5 hr⁻¹の条件で、軽油留分の接触反応を行うことを特徴とする軽油の水素化処理方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、軽油の水素化処理触媒及びその製造方法と、この触媒を用いた軽油の水素化処理方法とに関する。詳しくは、軽油を水素化処理する際に、軽油中の硫黄分及び窒素分を従来のこの種の触媒を使用する場合よりも低減することができる優れた活性を有する触媒及びその製造方法と、この触媒を用いる水素化処理方法とに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、大気環境改善のために、軽油の品質規制値が世界的に厳しくなる傾向にある。特に軽油中の硫黄分は、排ガス対策として期待されている酸化触媒、窒素酸化物 (NO_x) 還元触媒、連続再生式ディーゼル排気微粒子除去フィルター等の後処理装置の耐久性に影響を及ぼす懸念があるため、軽油の低硫黄化が要請されている。

30

このような状況下で、軽油中の硫黄分を大幅に除去する超深度脱硫技術の開発が重要視されつつある。軽油中の硫黄分の低減化技術として、通常、水素化脱硫の運転条件、例えば、反応温度、液空間速度等を苛酷にすることが考えられる。

しかし、反応温度を上げると、触媒上に炭素質が析出して触媒の活性が急速に低下し、また液空間速度を下げると、脱硫能は向上するものの、精製処理能力が低下するため設備の規模を拡張する必要が生じる。

従って、運転条件を苛酷にしないで、軽油の超深度脱硫を達成し得る最も良い方法は、優れた脱硫活性を有する触媒を開発することである。

40

【0003】

近年、活性金属の種類、活性金属の含浸方法、触媒担体の改良、触媒の細孔構造制御、活性化法等について多くの検討が多方面において進められており、新規深度脱硫触媒の開発成果が報告されている。

例えば、特許文献 1 には、アルミナやシリカ担体に、錯化剤として含窒素配位子を有する有機化合物と、活性金属とからなる溶液を含浸し、200 以下で乾燥する方法が開示されている。

また、特許文献 2 には、 -アルミナ担体に、周期律表第 8 族金属 (以下、単に「8 族金属」とも記す) 化合物と周期律表第 6 族金属 (以下、単に「6 族金属」とも記す) 化合

50

物と、リン酸を含む含浸溶液に、さらにジオール又はエーテルを添加して得られた含浸溶液を浸し、これを200以下で乾燥させることを特徴とすることが開示されている。

また、特許文献3には、本発明と同様に担体に6族金属化合物、リン成分、8族金属化合物、クエン酸からなる溶液を浸し、その後乾燥ではなく、焼成を行う発明が開示されており、特許文献4には、6族金属化合物、リン成分、8族金属化合物を担持した担体に、有機酸を特定量で含む溶液を浸し、200以下の温度で乾燥する方法が開示されている。

更に、特許文献5には、酸化物担体に、6族金属化合物、8族金属化合物、リン酸からなる溶液を担持し、200以下で乾燥させた触媒を得、それに特定の化学式で示される有機酸の溶液を担持し、200以下で乾燥する方法が開示されている。

【0004】

一方、有機酸を二度用いて含浸させる触媒の製造方法についても提案されている。

例えば、特許文献6には、酸化物担体に、6族金属化合物、8族金属化合物、有機酸、リン酸からなる溶液を浸し、200以下で乾燥させた触媒を得、さらに有機酸の溶液を浸し、200以下で乾燥する方法が開示されている。

加えて、特許文献7では、8族金属化合物と、6族金属のヘテロポリ酸を無機酸化物支持体に含浸させ、乾燥させて触媒を製造する技術を開示している。

また、特許文献8には、酸化物担体に、モリブデン、タングステン、8族金属化合物、メルカプトカルボン酸、リン酸からなる溶液を浸し、200以下で乾燥させた触媒の製造方法が開示されている。

この方法は、メルカプトカルボン酸と、モリブデン、タングステン、8族金属化合物との配位化合物を形成させて、触媒担体上に高分散させることを主目的としている。

しかし、この方法では、モリブデン、タングステンが担体上で高分散化されてしまい、後述する本発明の触媒におけるような二硫化モリブデンの積層化が困難となり、脱硫活性点として特に有効なCoMoS相やNiMoS相のタイプII(二硫化モリブデンの2層目以上のエッジ部に存在するCo, Ni活性点を指し、タイプIは二硫化モリブデンの1層目のエッジ部に存在するCo, Ni活性点を指し、タイプIIよりも活性が低い)の形成はないと推測される。

しかも、メルカプトカルボン酸は、硫黄を含んでおり、8族金属(Co, Ni)の近傍に存在したり、配位化を形成したりすると、脱硫活性点(CoMoS相, NiMoS相)とならずに、不活性なCo₉S₈種やNi₃S₂種となる可能性がある。

そして、以上の触媒の製造方法は工程が複雑であったり、また得られる触媒が軽油の超深度脱硫を行うのに適さないもの、あるいは超深度脱硫域での効率の低いものや触媒寿命の短いもの等もある。

【0005】

また、特許文献9には、酸化物担体上に、コバルト及びニッケルから選択される8族金属の塩及び/又は錯体、及びモリブデン及びタングステンから選択される6族金属のヘテロポリ酸を含む触媒において、8族金属の濃度が担体に関して約2~20重量%、6族金属の濃度が担体に関して約5~50重量%であり、実質的に自由水のない触媒が開示されている。また、特許文献10には、担体上に6族金属及び8族金属を担持した触媒に、ヒドロキシカルボン酸を6族金属と8族金属の金属総モル数の0.3~5倍量添加し、次いで200以下の温度で乾燥させて得た触媒が開示されている。

【0006】

上記のように開発成果の種々の触媒が提案されているが、未だ、簡便な方法で製造し得て、しかも運転条件を苛酷にせず軽油の超深度脱硫を実現することができる十分に脱硫活性の高い、かつ触媒寿命の長い触媒が得られる技術は提案されていない。

【0007】

【特許文献1】日本特許出願公開第61-114737号明細書

【特許文献2】日本特許第2900771号公報

【特許文献3】日本特許第2832033号公報

10

20

30

40

50

【特許文献4】日本特許出願公開第4 - 1 5 6 9 4 8号明細書

【特許文献5】日本特許出願公開第4 - 2 4 4 2 3 8号明細書

【特許文献6】日本特許出願公開第6 - 3 3 9 6 3 5号明細書

【特許文献7】日本特許出願公開第6 - 3 1 1 7 6号明細書

【特許文献8】日本特許出願公開第1 - 2 2 8 5 5 2号明細書

【特許文献9】日本特許出願公開第6 - 3 1 1 7 6号明細書

【特許文献10】日本特許第3 2 4 4 6 9 2号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の目的は、簡便な手段で製造し得て、かつ苛酷な運転条件を必要とせずに、軽油中の硫黄分を超深度脱硫することができ、同時に窒素分を減少させることができる水素化処理触媒、及びその製造方法を提供することである。

また、本発明の他の目的は、この触媒を使用して軽油留分を高効率で水素化処理する方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、上記目的を達成するために、次の軽油の水素化処理触媒、該触媒の製造方法、及び該触媒を用いた軽油の水素化処理方法を提供する。

(1) コバルト、ニッケルから選ばれた少なくとも1種を含む化合物、周期律表第6族金属から選ばれた少なくとも1種を含む化合物、有機酸及びリン酸を含有する溶液を用いて製造される軽油の水素化処理触媒であって、無機酸化物担体上に、触媒基準、酸化物換算にて周期律表第6族金属から選ばれた少なくとも1種を10~40質量%、コバルト、ニッケルから選ばれた少なくとも1種を3~8質量%、リンを1.5~8質量%、更に有機酸由来の炭素を触媒基準、元素換算にて2~4.1質量%含み、かつ有機酸をコバルト、ニッケル1モル当たり0.6~1モル含有し、比表面積が150~300m²/g、細孔容積が0.3~0.6ml/g、平均細孔直径が96~140nmであり、かつ、触媒を、硫化処理後に、NOを吸着させ、拡散反射法FT-IRで観察した際に、コバルト、ニッケルに吸着したNOスペクトル(1840cm⁻¹)の強度をI₈族、周期律表第6族金属に吸着したNOスペクトル(1700cm⁻¹)の強度をI₆族とした場合、I₈族/(I₈族+I₆族)の値が、0.7~1の範囲内にあることを特徴とする軽油の水素化処理触媒。

(2) 平均細孔直径±15nmの細孔直径を有する細孔の割合が30~75%である細孔分布を有することを特徴とする上記(1)に記載の軽油の水素化処理触媒。

(3) 触媒の予備硫化後において、透過型電子顕微鏡により観察される周期律表第6族金属の二硫化物の層の積層数の平均値が2.5~5であることを特徴とする上記(1)又は(2)に記載の軽油の水素化処理触媒。

(4) 触媒の予備硫化後において、透過型電子顕微鏡により観察される周期律表第6族金属の二硫化物の層の平均面方向の長さが1~3.5nmであることを特徴とする上記(1)又は(2)に記載の軽油の水素化処理触媒。

(5) 比表面積230~500m²/g、細孔容積0.5~1ml/g、平均細孔直径60~120nmである無機酸化物担体上に、周期律表第6族金属から選ばれた少なくとも1種を含む化合物、コバルト、ニッケルから選ばれた少なくとも1種を含む化合物、有機酸及びリン酸を含有し、かつ該有機酸の添加量がコバルト、ニッケル1モル当たり0.6~1モルである溶液を用い、触媒基準、酸化物換算にて周期律表第6族金属を10~40質量%、コバルト、ニッケルを3~8質量%、リンを1.5~8質量%、更に有機酸由来の炭素を触媒基準、元素換算にて2~4.1質量%となるように担持させ、200nm以下で乾燥させることを特徴とする上記(1)~(4)のいずれかに記載の軽油の水素化処理触媒の製造方法。

(6) 上記(1)~(4)のいずれかに記載の触媒の存在下、水素分圧3~8MPa、

10

20

30

40

50

温度300～420、液空間速度0.3～5 hr⁻¹の条件で、軽油留分の接触反応を行うことを特徴とする軽油の水素化処理方法。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、次のような効果を奏することができる。(1)高い脱硫及び脱窒素活性を有するため、軽油中の硫黄分及び窒素分の含有率を、大幅に低減させることができる。(2)反応条件を従来の水素化処理の際の反応条件とほぼ同じとすることができるため、従来の装置を大幅改造することなく転用できる。(3)硫黄含有量及び窒素含有量の少ない軽油基材を、容易に供給することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明者らは、上記目的を達成するために検討を行ったところ、無機酸化物担体に、6族金属化合物、8族金属化合物、有機酸及びリン酸を含む溶液を含浸させて、これらの成分の所定量を担持し、200以下の温度で乾燥することによって、不活性なコバルト、ニッケル種等の8族金属の金属種を形成せずに高活性な脱硫活性点(CoMoS相タイプII、NiMoS相タイプII等)を精密に制御でき、これらの結果として、脱硫反応及び脱窒素反応が効率的に進行するため、反応条件を苛酷にせずに超深度脱硫反応を容易に達成することができる高性能脱硫触媒を得ることができるとの知見を得た。

【0012】

本発明の処理対象油は、例えば、直留軽油、接触分解軽油、熱分解軽油、水素化処理軽油、脱硫処理軽油、減圧蒸留軽油(VGO)等の軽油留分が適している。

これら原料油の代表的な性状例として、沸点範囲が150～450、硫黄分が5質量%以下のものが挙げられる。

【0013】

本発明の触媒に用いる無機酸化物担体は、アルミナを単独で用いることもできるが、脱硫活性をより向上させるためにはアルミナを主成分とする複合酸化物を用いることが好ましい。

アルミナは、 γ -アルミナ、 δ -アルミナ、 θ -アルミナ、 κ -アルミナ、アルミナ水和物等の種々のアルミナを使用することができるが、多孔質で高比表面積であるアルミナが好ましく、中でも γ -アルミナが適している。アルミナの純度は、約98質量%以上、好ましくは約99質量%以上のものが適している。

アルミナ中の不純物としては、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Fe_2O_3 、 Na_2O 等が挙げられるが、これらの不純物はできるだけ少ないことが望ましく、不純物全量で2質量%以下、好ましくは1質量%以下で、成分毎では $SO_4^{2-} < 1.5$ 質量%、 Cl^- 、 Fe_2O_3 、 $Na_2O < 0.1$ 質量%であることが好ましい。

【0014】

アルミナに複合化させる酸化物成分としては、ゼオライト、ポリア、シリカ、及びジルコニアから選ばれる一種以上が好ましい。これらを複合化させることにより、二硫化モリブデンの積層化が有利になる。

このうちゼオライトは、コールカウンター法(1wt%NaCl水溶液、アパーチャー30 μm 、超音波処理3分)での測定による平均粒子径が約2.5～6 μm 、好ましくは約3～5 μm 、より好ましくは約3～4 μm のものである。また、このゼオライトは、粒子径6 μm 以下のものがゼオライト全粒子に対して占める割合が、約70～98%、好ましくは約75～98%、より好ましくは約80～98%のものである。

ゼオライトのこのような特性は、難脱硫性物質の細孔内拡散を容易にするために細孔直径を精密に制御する上で好ましく、例えば、平均粒子径が大きすぎたり、大きな粒子径の含有量が多かったりすると、複合酸化物担体を調製する過程で、アルミナ水和物(アルミナ前駆体)とゼオライトの吸着水量や結晶性の違いから、加熱焼成時のアルミナ水和物(アルミナ前駆体)とゼオライトの収縮率が異なり、複合酸化物担体の細孔として比較的大きなメゾあるいはマクロポアーが生じる傾向がある。また、これらの大きな細孔は、表面

10

20

30

40

50

積を低下させるばかりでなく、残油を処理するような場合には触媒毒となるメタル成分の内部拡散を容易ならしめ、延いては脱硫、脱窒素及び分解活性を低下させる傾向を生じさせる。

本発明で、アルミナに複合化させる好ましいゼオライトとしては、フォージャサイトX型ゼオライト、フォージャサイトY型ゼオライト、ゼオライト、モルデナイト型ゼオライト、ZSM系ゼオライト（ZSM-4, 5, 8, 11, 12, 20, 21, 23, 34, 35, 38, 46等がある）、MCM-41, MCM-22, MCM-48, SSZ-33, UTD-1, CIT-5, VPI-5, TS-1, TS-2等が使用でき、特にY型ゼオライト、安定化Yゼオライト、ゼオライトが好ましい。また、ゼオライトは、プロトン型が好ましい。

10

【0015】

上記のポリア、シリカ、ジルコニアは、一般に、この種の触媒の担体成分として使用されるものを使用することができる。

上記のゼオライト、ポリア、シリカ、及びジルコニアは、それぞれ単独で、あるいは2種以上を組合せて使用することができる。

これらの成分の配合量は、特に制限されないが、複合酸化物担体中、アルミナが80質量%より多く99.5質量%以下に対し、0.5質量%以上20質量%未満であり、好ましくはアルミナが85~99.5質量%に対し、0.5~15質量%であり、より好ましくはアルミナが90~99.5質量%に対し、0.5~10質量%である。

これらの成分は、少なすぎても多すぎても細孔直径の制御はしづらくなり、また少なすぎるとブレンステッド酸点やルイス酸点の付与が不十分となり、多すぎると6族金属、特にモリブデンが高分散化しにくい傾向になる。

20

【0016】

本発明における無機酸化物担体は、580~700 で、1.5~3時間焼成して調製される。

本発明の触媒は、後述するように、無機酸化物担体に活性成分を担持させた後は、200以下で乾燥するだけで調製するため、後述する触媒の機械的特性（側面破壊強度や最密充填かさ密度等）は無機酸化物担体の焼成で得ることとなり、580未満で1.5時間未満の焼成では、十分な機械的強度を得ることができず、700を超える高温下で3時間を超える長時間の焼成を行っても、この効果が飽和するばかりでなく、焼き締めにより、無機酸化物担体の比表面積、細孔容積、平均細孔径と言った特性が却って低下してしまう。

30

無機酸化物担体の比表面積、細孔容積、平均細孔直径は、炭化水素油に対する水素化脱硫活性の高い触媒にするために、比表面積が230~500 m²/g、好ましくは300~450 m²/g、細孔容積が0.5~1 ml/g、好ましくは0.6~1 ml/g、平均細孔直径が60~120、好ましくは65~110 である必要がある。この理由は次の通りである。

【0017】

含浸溶液中で6族金属と8族金属は錯体（6族金属はリン酸と配位してヘテロポリ酸、8族金属は有機酸と配位して有機金属錯体）を形成していると考えられるため、担体の比表面積が230 m²/g未満では、含浸の際、錯体の嵩高さのために金属の高分散化が困難となり、その結果、得られる触媒を硫化処理しても、上記の活性点（CoMoS相、NiMoS相等）形成の精密な制御が困難になると推測される。

40

比表面積が500 m²/g以下であれば、細孔直径が極端に小さくならないため、触媒の細孔直径も小さくならず、好ましい。触媒の細孔直径が小さいと、硫黄化合物の触媒細孔内への拡散が不十分となり、脱硫活性が低下する。

細孔容積が0.5 ml/g以上では、通常の場合で触媒を調製する場合、細孔容積内に入り込む溶媒が少量とならないため、好ましい。溶媒が少量であると、活性金属化合物の溶解性が悪くなり、金属の分散性が低下し、低活性の触媒となる。活性金属化合物の溶解性を上げるためには、硝酸等の酸を多量に加える方法があるが、余り加えすぎると担体

50

の低表面積化が起こり、脱硫性能低下の主原因となる。

細孔容積が 1 ml/g 以下であれば、比表面積が小さくならず、活性金属の分散性が良くなり、脱硫活性の高い触媒となるため、好ましい。

細孔直径が 60 以上では、活性金属を担持した触媒の細孔直径も小さくならず、好ましい。触媒の細孔直径が小さいと、硫黄化合物の触媒細孔内への拡散が不十分となり、脱硫活性が低下する。

細孔直径が 120 以下であれば、触媒の比表面積が小さくならず、好ましい。触媒の比表面積が小さいと、活性金属の分散性が悪くなり、脱硫活性の低い触媒となる。

【0018】

本発明の触媒に含有させる6族金属は、モリブデン、タングステンが好ましく、モリブデンが特に好ましい。

10

6族金属の含有量は、触媒基準、酸化物換算で、 $10 \sim 40$ 質量%、好ましくは $16 \sim 35$ 質量%である。

10 質量%以上では、6族金属に起因する効果を発現させるのに十分であり、好ましい。また、 40 質量%以下では、6族金属の含浸(担持)工程で6族金属化合物の凝集が生じず、6族金属の分散性が良くなり、また、効率的に分散する6族金属含有量の限度は超えない、触媒表面積が大幅に低下しない等により、触媒活性の向上がみられ、好ましい。

【0019】

8族金属は、コバルト、ニッケルである。

8族金属の含有量は、触媒基準、酸化物換算で、 $3 \sim 8$ 質量%である。

20

1 質量%以上では、8族金属に帰属する活性点が十分に得られるため好ましい。また、 15 質量%以下では、8族金属の含有(担持)工程で8族金属化合物の凝集が生じず、8族金属の分散性が良くなることに加え、不活性なコバルト、ニッケル種等の8族金属の金属種である Co_9S_8 種、 Ni_3S_2 種等の前駆体である CoO 種、 NiO 種等や、担体の格子内に取り込まれた Co スピネル種、 Ni スピネル種等が生成しないと考えられるため、触媒能の向上がみられ、好ましい。

また、8族金属としてコバルトとニッケルを使用するときは、 $\text{Co}/(\text{Ni} + \text{Co})$ の比が $0.6 \sim 1$ の範囲、より好ましくは $0.7 \sim 1$ の範囲になるように使用することが望ましい。この比が 0.6 以上では、 Ni 上でコーク前駆体が生成せず、触媒活性点上にコークが被覆されず、その結果活性が低下しないため、好ましい。

30

【0020】

8族金属、6族金属の上記した含有量において、8族金属と6族金属の最適質量比は、好ましくは、酸化物換算で、 $[\text{8族金属}]/[\text{8族金属} + \text{6族金属}]$ の値で、 $0.1 \sim 0.25$ である。

この値が 0.1 以上では、脱硫の活性点と考えられる CoMoS 相、 NiMoS 相等の生成が抑制されず、脱硫活性向上の度合いが高くなるため、好ましい。 0.25 以下では、上記の不活性なコバルト、ニッケル種等 (Co_9S_8 種、 Ni_3S_2 種等) の生成が抑制され、触媒活性が向上されるので、好ましい。

【0021】

リンの含有量は、触媒基準、酸化物換算で、 $1.5 \sim 8$ 質量%、好ましくは $2 \sim 6$ 質量%、より好ましくは $3 \sim 6$ 質量%である。

40

1.5 質量%以上では、触媒表面上で6族金属がヘテロポリ酸を形成し、なおかつヘテロポリ酸を形成しないPはアルミナ表面に分散するため、予備硫化工程で高分散な多層 MoS_2 結晶が形成されて、上記の脱硫活性点を十分に配置できると推測されるので好ましい。特に、前述した予備硫化後の触媒に二硫化モリブデン等の6族金属の二硫化物の層を、平均積層数で $2.5 \sim 5$ となるように形成するためには、 1.5 質量%以上とすることが必要である。

一方、 8 質量%以下では、触媒表面上で6族金属が十分にヘテロポリ酸を形成し、かつヘテロポリ酸を形成しないPはアルミナ表面に分散し、予備硫化工程で高品質な上記の脱硫活性点を被覆しないため、活性低下を引き起こさないため、好ましい。

50

リン成分の含有量において、活性金属のモリブデンとリンの最適質量比は、 $[P_2O_5] / [MoO_3]$ の値で、好ましくは $0.07 \sim 0.3$ 、より好ましくは $0.09 \sim 0.25$ である。

モリブデンとリンの質量比が上記の値で、 0.07 以上では、 Co と Mo の渾然一体化が図れること、また、硫化後、二硫化モリブデンの積層化が図れることの2点から、最終的に脱硫活性点の $CoMoS$ 相、 $NiMoS$ 相、特に脱硫活性点の中で高い脱硫活性を示す $CoMoS$ 相、 $NiMoS$ 相のタイプ II が得られ易く、高活性な触媒となり好ましい。

0.3 以下では、触媒の表面積及び細孔容積が減少せず、触媒の活性が低下せず、また酸量が増えず、炭素析出を招かないため、活性劣化を引き起こしにくくなるため、好ましい。

【0022】

炭素の含有量は、触媒基準で、 $2 \sim 4.1$ 質量%である。

この炭素は、有機酸、好ましくはクエン酸由来の炭素である。 2 質量%以上では、触媒表面上で8族金属が有機酸と錯体化合物を十分に形成して、この場合、予備硫化工程において錯体化されていない6族金属が8族金属の硫化に先立って硫化されることにより、脱硫活性点 ($CoMoS$ 相、 $NiMoS$ 相等) が十分に形成されるので、不活性なコバルト、ニッケル種等の8族金属の金属種である Co_9S_8 種、 Ni_3S_2 種等、及び担体の格子内に取り込まれた Co スピネル種、 Ni スピネル種等が形成されないと推測されるため、好ましい。

1.4 質量%以下では、触媒表面上で8族金属が有機酸と十分に錯体化合物を形成することができるが、一方、6族金属が有機酸と錯体化合物を形成することはなく、また、余剰の有機酸由来の炭素が触媒表面上に残ることはなく、好ましい。

6族金属が有機酸と錯体化した場合は、活性化(硫化)の際に、6族金属の硫化が8族金属の硫化と同時に起こり、脱硫活性点 ($CoMoS$ 相、 $NiMoS$ 相等) が効率的に形成されず、延いては不活性なコバルト、ニッケル種等の8族金属の金属種である Co_9S_8 種、 Ni_3S_2 種等が形成されると推定される。

また、過剰な炭素は、触媒の被毒物質として硫化段階で脱硫活性点を被覆するため、活性低下の原因となる。

【0023】

本発明の触媒は、軽油に対する水素化脱硫及び脱硫活性を高めるために、上記の組成を有すると共に、その比表面積、細孔容積及び平均細孔直径が、以下の値であることが必要である。

比表面積(窒素吸着法(BET法)で測定した比表面積)は、 $150 \sim 300 \text{ m}^2/\text{g}$ 、好ましくは $180 \sim 280 \text{ m}^2/\text{g}$ とする。

$150 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上では、触媒表面上で、錯体を形成していると考えられる6族金属(リン酸と配位してヘテロポリ酸)と8族金属(有機酸と配位して有機金属錯体)が、それぞれの金属の錯体が嵩高い場合でも、十分に高分散化しており、その結果、硫化処理すると、上記の活性点形成の精密制御が容易となって、高脱硫活性の触媒となるため、好ましい。

$300 \text{ m}^2/\text{g}$ 以下では、細孔直径が極端に小さくならず、触媒の細孔直径も小さくならないため、水素化処理の際に、硫黄化合物の触媒細孔内への拡散が十分となり、脱硫活性が低下しないため、好ましい。

水銀圧入法で測定した細孔容積は、 $0.3 \sim 0.6 \text{ ml/g}$ 、好ましくは $0.3 \sim 0.5 \text{ ml/g}$ とする。 0.3 ml/g 以上では、水素化処理の際、硫黄化合物の触媒細孔内での拡散が十分となって脱硫活性が十分となるので、好ましい。また、 0.6 ml/g 以下では、触媒の比表面積が極端に小さくならず、活性金属の分散性が低下せず、高脱硫活性の触媒となるため、好ましい。

水銀圧入法で測定した細孔分布での平均細孔直径は、 $96 \sim 140$ 、好ましくは $96 \sim 130$ とする。 96 以上では、反応物質が細孔内に拡散し易くなるため、脱硫反応

10

20

30

40

50

が効率的に進行するので好ましい。140以下では、細孔内の拡散性が良く、細孔内表面積が減少しないため、触媒の有効比表面積が減少せず、活性が高くなるため好ましい。

【0024】

また、上記の細孔条件を満たす細孔の有効数を多くするために、触媒の細孔径分布、すなわち平均細孔径 ± 15 の細孔径を有する細孔の割合は、30~75%、好ましくは35~70%、更に好ましくは40~60%とする。75%以下では脱硫される化合物が特定の硫黄化合物に限定されず、満遍なく脱硫することができるため好ましい。一方、30%以上では、軽油の脱硫に寄与しない細孔が増加せず、その結果、脱硫活性が大幅に低下することはないため、好ましい。

【0025】

また、本発明の触媒は、硫化処理した後に、透過型電子顕微鏡で観察した場合における二硫化モリブデン等の6族金属の二硫化物の層の積層数の平均値が2.5~5であるものが好ましい。

すなわち、この二硫化モリブデン等の層は、無機酸化物担体上に形成されて、触媒の接触面積を大きくする役割をなすと共に、該層内にCoMoS相、NiMoS相等の活性点が形成される。積層数の平均値が2.5以上の触媒では、低活性なCoMoS相やNiMoS相等のタイプIの割合が多くなり、高活性を発現するため好ましい。また、5以下の触媒では、高活性なCoMoS相やNiMoS相等のタイプIIが形成され、活性点の絶対数が少なくなり、高活性を発現するため好ましい。

なお、分析に用いる透過型電子顕微鏡写真には、1視野当たり200以上の二硫化モリブデン等の6族金属の二硫化物の結晶が目視できるものを用いる。

【0026】

更に、透過型電子顕微鏡で観察した場合における二硫化モリブデン等の6族金属の二硫化物の層の面方向の長さが、平均値で1~3.5nm、好ましくは2~3.5nmであるものが適している。

1nm以上では、二硫化モリブデン等の分子が単分子のみで存在することはないため、コバルト及びニッケルはスクエアピラミッド型の5配位硫黄構造を形成することができ、活性点であるCoMoS相やNiMoS相等となることができるため、好ましい。3.5nm以下では、二硫化モリブデン等の結晶が大きならないため、エッジ部分の絶対数が減少せず、活性点であるCoMoS相やNiMoS相等の数を十分に確保することができるため、好ましい。

なお、分析に用いる透過型電子顕微鏡写真には、1視野当たり200以上の二硫化モリブデン等の6族金属の二硫化物の結晶が目視できるものを用いる。

【0027】

以上の特性を有する本発明の触媒を得るには、以下に説明する本発明の方法によることが好ましい。

すなわち、前記した成分からなり、前記した物性を有する無機酸化物担体に、前記した6族金属の少なくとも1種を含む化合物、前記した8族金属の少なくとも1種を含む化合物、有機酸、リン酸を含有する溶液を用い、6族金属、8族金属、リン、炭素を上記した含有量となるように担持し、乾燥する方法によるが、具体的には、例えば、無機酸化物担体を、これらの化合物等を含有する溶液に含浸し、乾燥する方法により行う。

【0028】

上記の含浸溶液中に使用する6族金属を含む化合物としては、三酸化モリブデン、モリブドリン酸、モリブデン酸アンモニウム、モリブデン酸等が挙げられ、好ましくは三酸化モリブデン、モリブドリン酸である。

これらの化合物の上記含浸溶液中への添加量は、得られる触媒中に上記した範囲内で6族金属が含有される量とする。

【0029】

8族金属を含む化合物としては、炭酸コバルト、炭酸ニッケル、クエン酸コバルト化合物、クエン酸ニッケル化合物、硝酸コバルト6水和物、硝酸ニッケル6水和物等が挙げら

10

20

30

40

50

れ、好ましくは炭酸コバルト、炭酸ニッケル、クエン酸コバルト化合物、クエン酸ニッケル化合物である。特に好ましくは、炭酸コバルト、炭酸ニッケルに比べて分解速度が遅いクエン酸コバルト化合物、クエン酸ニッケル化合物である。

すなわち、分解速度が速いと、二硫化モリブデン等の6族金属の二硫化物の層とは別に、コバルトやニッケル等の8族金属が独自の層を形成してしまい、高活性なCoMoS相やNiMoS相等の形成が不十分となるのに対し、分解速度が遅いと、二硫化モリブデン等のリム-エッジ部分に、高活性なこれらの相を十分に形成することができる。

【0030】

上記のクエン酸コバルトとしては、クエン酸第一コバルト($\text{Co}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$)、クエン酸水素コバルト($\text{CoHC}_6\text{H}_5\text{O}_7$)、クエン酸コバルトオキシ塩($\text{Co}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \cdot \text{CoO}$)等が挙げられ、クエン酸ニッケルとしては、クエン酸第一ニッケル($\text{Ni}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$)、クエン酸水素ニッケル($\text{NiHC}_6\text{H}_5\text{O}_7$)、クエン酸ニッケルオキシ塩($\text{Ni}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \cdot \text{NiO}$)等が挙げられる。

10

これらコバルトとニッケルのクエン酸化合物の製法は、例えば、コバルトの場合、クエン酸の水溶液に炭酸コバルトを溶かすことにより得られる。このような製法で得られたクエン酸化合物の水分を、除去しないで、そのまま、触媒調製に用いてもかまわない。

これらの化合物の上記含浸溶液中への添加量は、得られる触媒中に上記した範囲内で8族金属が含有される量とする。

【0031】

有機酸としては、クエン酸1水和物、無水クエン酸、イソクエン酸、リンゴ酸、酒石酸、シュウ酸、コハク酸、グルタル酸、アジピン酸、安息香酸、フタル酸、イソフタル酸、サリチル酸、マロン酸等が挙げられ、好ましくはクエン酸1水和物である。これらの有機酸は、硫黄を実質的に含まない化合物を使用することが重要である。

20

有機酸としてクエン酸を使用する場合は、クエン酸単独でもよいし、上記したコバルトやニッケル等の8族金属とのクエン酸化合物であってもよい。

有機酸の添加量は、得られる触媒中に前記の炭素含有量で炭素が残る量とすることが重要であり、また8族金属に対して有機酸の添加量を、モル比で、有機酸/8族金属=0.6~1とする。

このモル比が0.2以上では、8族金属に帰属する活性点が十分に得られるため好ましい。また1.2以下では、含浸液が高粘度とならないため、担持工程に時間を要することはなく、活性金属が担体ペレットの内部まで含浸されるため、活性金属の分散状態は良好となり、好ましい。

30

更に、6族金属と8族金属の総量に対して有機酸の添加量は、モル比で、有機酸/[6族金属+8族金属]が0.35以下、好ましくは0.28以下、より好ましくは0.26以下とすることが適している。0.35以下では、金属と錯体化しきれない余剰の有機酸が触媒表面上に残ることはなく、好ましい。触媒表面上に有機酸が残っていると、硫化過程において原料油とともに流れ出る場合があり好ましくない。

【0032】

リン酸は、種々のリン酸、具体的には、オルトリン酸、メタリン酸、ピロリン酸、三リン酸、四リン酸、ポリリン酸等が挙げられ、特にオルトリン酸が好ましい。

40

リン酸は、6族金属との化合物であるモリブドリン酸を用いることもできる。この場合、得られる触媒中に前記含有量でリンが含有されない場合には、リン酸をさらに添加する。

【0033】

なお、上記の6族金属の化合物や、8族金属の化合物が含浸溶液に十分に溶解しない場合には、これらの化合物と共に、酸[硝酸、有機酸(クエン酸、リンゴ酸、酒石酸等)]を使用してもよく、好ましくは有機酸の使用であり、有機酸を用いる場合は、得られる触媒中に、この有機酸による炭素が残存することもあるため、触媒中の炭素含有量が上記範囲内となるようにすることが重要である。

【0034】

50

上記の含浸溶液において、上記の各成分を溶解させるために用いる溶媒は、水である。

溶媒の使用量は、少なすぎれば、担体を十分に浸漬することができず、多すぎれば、溶解した活性金属の一部が担体上に担持されず、含浸溶液容器のへりなどに付着してしまい、所望の担持量が得られないため、担体 100 g に対して、50 ~ 90 g であり、好ましくは 60 ~ 85 g である。

上記溶媒に上記各成分を溶解させて含浸溶液を調製するが、このときの温度は、0 を超え 100 以下でよく、この範囲内の温度であれば、上記溶媒に上記各成分を良好に溶解させることができる。

上記含浸溶液の pH は 5 未満が好ましい。5 未満だと水酸イオンが増えず、有機酸と 8 族金属との間の配位能力が強まり、8 族金属の錯体形成が促進され、その結果、脱硫活性点 (CoMoS 相、NiMoS 相等) の数を大幅に増加させることができるので、好ましい。

このようにして調製した含浸溶液に、上記の無機酸化物担体を含浸させて、これら溶液中の上記の各成分を上記の無機酸化物担体に担持させる。

含浸条件は、種々の条件を採ることができるが、通常、含浸温度は、好ましくは 0 を超え 100 未満、より好ましくは 10 ~ 50 、さらに好ましくは 15 ~ 30 であり、含浸時間は、好ましくは 15 分 ~ 3 時間、より好ましくは 20 分 ~ 2 時間、さらに好ましくは 30 分 ~ 1 時間である。

なお、温度が高すぎると、含浸中に乾燥が起こり、分散度が偏ってしまう。また、含浸中は、攪拌することが好ましい。

【0035】

溶液含浸担持後、常温 ~ 約 80 、窒素気流中、空気気流中、あるいは真空中で、水分をある程度 [LOI (Loss on ignition) 50% 以下となるように] 除去し、この後、空気気流中、窒素気流中、あるいは真空中で、200 以下、好ましくは 80 ~ 200 で 10 分 ~ 24 時間、より好ましくは 100 ~ 150 で 5 ~ 20 時間の乾燥を行う。

乾燥を、200 以下の温度で行うと、金属と錯体化していると思われる有機酸が触媒表面から離脱せず、その結果、得られる触媒を硫化処理したときに上記の活性点 (CoMoS 相、NiMoS 相等) 形成の精密制御が容易となり、不活性なコバルト、ニッケル種である Co_9S_8 種、 Ni_3S_2 種等が形成されず、また二硫化モリブデン等の 6 族金属の二硫化物の平均積層数が 2.5 ~ 5 となると考えられ、高脱硫活性の触媒となるので好ましい。

ただし、真空中で乾燥を行う場合は、圧力 760 mmHg 換算で上記の温度範囲になるように乾燥することが好ましい。乾燥時の圧力の範囲は、300 ~ 900 mmHg、好ましくは 700 ~ 850 mmHg、より好ましくは 730 ~ 800 mmHg、さらに好ましくは大気圧である。

乾燥時の圧力が 300 mmHg 以上では、760 mmHg 換算の沸点が 200 より高くならず、金属と錯体化している有機酸は容易に離脱しない。金属と錯体化していると思われる有機酸が触媒表面から脱離せず、その結果、得られる触媒を硫化処理すると上記の活性点 (CoMoS 相、NiMoS 相等) 形成の精密制御が容易となり、不活性なコバルト、ニッケル種である Co_9S_8 種、 Ni_3S_2 種等が形成されずに、高脱硫活性の触媒となるため、好ましい。

【0036】

本発明において、触媒の形状は、特に限定されず、通常、この種の触媒に用いられている種々の形状、例えば、円柱状、三葉型、四葉型等を採用することができる。触媒の大きさは、通常、直径が約 1 ~ 2 mm、長さ約 2 ~ 5 mm が好ましい。

触媒の機械的強度は、側面破壊強度 (SCS : Side crush strength) で約 2 lbs/mm 以上が好ましい。SCS が、これより小さいと、反応装置に充填した触媒が破壊され、反応装置内で差圧が発生し、水素化処理運転の続行が不可能となる。

触媒の最密充填かさ密度 (CBD : Compacted Bulk Density) は、0.6 ~ 1.2 g/ml が好ましい。

また、触媒中の活性金属の分布状態は、触媒中で活性金属が均一に分布しているユニフォーム型が好ましい。

【0037】

本発明の水素化処理方法は、水素分圧3～8MPa、300～420、及び液空間速度0.3～5hr⁻¹の条件で、以上の触媒と硫黄化合物を含む軽油留分とを接触させて脱硫を行い、軽油留分中の難脱硫性硫黄化合物を含む硫黄化合物を減少する方法である。

本発明の方法で得られる生成油は、従来技術によるよりもより硫黄分及び窒素分を少なくすることができる。

本発明の水素化処理方法を商業規模で行うには、本発明の触媒の固定床、移動床、あるいは流動床式の触媒層を反応装置内に形成し、この反応装置内に原料油を導入し、上記の条件下で水素化反応を行えばよい。

最も一般的には、固定床式触媒層を反応装置内に形成し、原料油を反応装置の上部に導入し、固定床を上から下に通過させ、反応装置の下部から生成物を流出させるものである。

また、本発明の触媒を、単独の反応装置に充填して行う一段の水素化処理方法であってもよいし、幾つかの反応装置に充填して行う多段連続水素化処理方法であってもよい。

【0038】

また、本発明の触媒は、使用前に（すなわち、本発明の水素化処理方法を行うのに先立って）、反応装置中で硫化処理して活性化する。この硫化処理は、200～400、好ましくは250～350、常圧あるいはそれ以上の水素分圧の水素雰囲気下で、硫黄化合物を含む石油蒸留物、それにジメチルジスルファイドや二硫化炭素等の硫化剤を加えたもの、あるいは硫化水素を用いて行う。

この硫化処理により、本発明の触媒は、前述したように、平均積層数で2.5～5、平均面方向長が1～3.5nmの二硫化モリブデン等の6族金属の二硫化物の層を形成し、この二硫化モリブデン等のリム-エッジ部分に、高活性なCoMoS相やNiMoS相等の活性点を形成することとなる。

【0039】

一般に、現在、脱硫触媒の活性点として広く受け入れられている活性点構造は、Topsoeらが提案しているCoMoS相、NiMoS相等である（N.Y. Topsoe, H. Topsoe, J. Catal. 84, 386 (1983)）。TopsoeらはCoMo/Al₂O₃触媒を硫化処理した後、プロープ分子としてNOを吸着させ、表面をフーリエ変換赤外分光（FT-IR）で調べた結果、脱硫活性の高い触媒ほどCo側に由来する吸収が大きく、Mo側に由来する吸収が小さいことを見出した。彼らは、脱硫活性の高い触媒ではCoMoS相がMoS₂エッジサイトを効果的に覆うため、このような現象が起こると推測している。

本発明の触媒は、硫化処理後に、NOを吸着させ、拡散反射法FT-IRで観察した際に、8族金属に吸着したNOスペクトル（1840cm⁻¹）の強度をI_{8族}、6族金属に吸着したNOスペクトル（1700cm⁻¹）の強度をI_{6族}とした場合、I_{8族} / （I_{8族} + I_{6族}）の値が、0.7～1の範囲内にあることを特徴とする。

0.7以上では、脱硫の活性点であると考えられるCoMoS相、NiMoS相等が十分に生成しているため、脱硫活性が向上し、好ましい。上述の通り、0.7～1の範囲となることが好ましく、1となる場合は、脱硫の活性点であるCoMoS相、NiMoS相等が二硫化モリブデン等のリム-エッジ部分に十分に形成され、（I_{6族}金属の強度のピークが見られず）高脱硫活性を示す。上記本発明の触媒の特徴は、本発明が所期の目的を達成できる大きな要因となっている。

【実施例】

【0040】

以下、実施例、比較例によりさらに具体的に本発明を説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【0041】

実施例1

10

20

30

40

50

$\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ モル比6のSHYゼオライト粉末(平均粒子径 $3.5 \mu\text{m}$ 、粒子径 $6 \mu\text{m}$ 以下のものがゼオライト全粒子の87%)と、アルミナ水和物を混練し、押出成形後、 600°C で2時間焼成して直径1/16インチの柱状成形物のゼオライト-アルミナ複合担体(ゼオライト/アルミナ質量比:5/95、細孔容積 $0.79 \text{m}^3/\text{g}$ 、比表面積 $311 \text{m}^2/\text{g}$ 、平均細孔直径 93\AA)を得た。

イオン交換水 22.3g に、クエン酸第一コバルト 10.27g とリン酸(85%水溶液) 2.24g を投入し、 80°C に加熱して10分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸 17.61g を投入し溶解させ、同温度で15分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液のpHは0.52であった。

ナス型フラスコ中に、上記のゼオライト-アルミナ複合担体 30.0g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25°C で3時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・ 120°C で約16時間乾燥させ、触媒Aを得た。

【0042】

実施例2

イオン交換水 24.9g に、炭酸コバルト 4.53g と三酸化モリブデン 12.86g とクエン酸1水和物 5.34g とリン酸(85%水溶液) 2.63g を投入し、 80°C に加熱して30分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液のpHは0.54であった。

ナス型フラスコ中に、実施例1と同一のゼオライト-アルミナ複合担体 30.0g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25°C で3時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・ 120°C で約16時間乾燥させ、触媒Bを得た。

【0043】

実施例3

イオン交換水 22.1g に、クエン酸第一コバルト 10.42g とリン酸(85%水溶液) 3.06g を投入し、 80°C に加熱して10分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸 17.89g を投入し溶解させ、同温度で15分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液のpHは0.54であった。

ナス型フラスコ中に、実施例1と同一のゼオライト-アルミナ複合担体 30.0g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25°C で3時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・ 120°C で約16時間乾燥させ、触媒Cを得た。

【0044】

実施例4

イオン交換水 21.9g に、クエン酸第一コバルト 10.59g とリン酸(85%水溶液) 3.91g を投入し、 80°C に加熱して10分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸 18.18g を投入し溶解させ、同温度で15分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液のpHは0.54であった。

ナス型フラスコ中に、実施例1と同一のゼオライト-アルミナ複合担体 30.0g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25°C で3時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・ 120°C で約16時間乾燥させ、触媒Dを得た。

【0045】

実施例5

イオン交換水 22.3g に、クエン酸第一コバルト 8.21g とクエン酸ニッケル 2.06g とリン酸(85%水溶液) 2.24g を投入し、 80°C に加熱して10分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸 17.61g を投入し溶解させ、同温度で15分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液のpHは0.54であった。

ナス型フラスコ中に、実施例1と同一のゼオライト-アルミナ複合担体 30.0g を投

10

20

30

40

50

入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 3 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 16 時間乾燥させ、触媒 E を得た。

【0046】

実施例 6

イオン交換水 22.7 g に、クエン酸第一コバルト 8.34 g とクエン酸ニッケル 2.09 g とリン酸 (85% 水溶液) 3.06 g を投入し、80 に加温して 10 分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸 17.89 g を投入し溶解させ、同温度で 15 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液の pH は 0.54 であった。

ナス型フラスコ中に、実施例 1 と同一のゼオライト - アルミナ複合担体 30.0 g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 3 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 16 時間乾燥させ、触媒 F を得た。

【0047】

実施例 7

アルミナ水和物を混練し、押出成形後、600 で 2 時間焼成して直径 1 / 16 インチの柱状成形物の - アルミナ担体 (細孔容積 0.85 ml / g、比表面積 249 m² / g、平均細孔直径 100) を得た。

イオン交換水 23.7 g に、クエン酸第一コバルト 10.27 g とリン酸 (85% 水溶液) 2.24 g を投入し、80 に加温して 10 分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸 17.61 g を投入し溶解させ、同温度で 15 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液の pH は 0.52 であった。

ナス型フラスコ中に、上記の - アルミナ担体 30.0 g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 3 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 16 時間乾燥させ、触媒 G を得た。

【0048】

実施例 8

イオン交換水 25.4 g に、炭酸コバルト 4.54 g とモリブドリン酸 17.61 g とマロン酸 3.97 g とリン酸 (85% 水溶液) 2.24 g を投入し、80 に加温して 30 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液の pH は 0.53 であった。

ナス型フラスコ中に、実施例 1 と同一のゼオライト - アルミナ複合担体 30.0 g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 3 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 16 時間乾燥させ、触媒 H を得た。

【0049】

実施例 9

イオン交換水 25.4 g に、炭酸コバルト 4.54 g とモリブドリン酸 17.61 g と DL-リンゴ酸 5.11 g とリン酸 (85% 水溶液) 2.24 g を投入し、80 に加温して 30 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液の pH は 0.56 であった。

ナス型フラスコ中に、実施例 1 と同一のゼオライト - アルミナ複合担体 30.0 g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 3 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 16 時間乾燥させ、触媒 I を得た。

【0050】

実施例 10

イオン交換水 25.4 g に、炭酸コバルト 4.54 g とモリブドリン酸 17.61 g とクエン酸 4.27 g、コハク酸 0.45 g、酒石酸 0.57 g とリン酸 (85% 水溶液) 2.24 g を投入し、80 に加温して 30 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この

10

20

30

40

50

時、含浸溶液のpHは0.56であった。

ナス型フラスコ中に、実施例1と同一のゼオライト-アルミナ複合担体30.0gを投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約25℃で3時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120℃で約16時間乾燥させ、触媒Jを得た。

【0051】

実施例11

イオン交換水22.1gに、クエン酸第一コバルト10.42gとリン酸(85%水溶液)3.06gを投入し、80℃に加温して10分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸17.89gと三酸化タングステン0.50gを投入し溶解させ、同温度で15分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液のpHは0.57であった。

ナス型フラスコ中に、実施例1と同一のゼオライト-アルミナ複合担体30.0gを投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約25℃で3時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120℃で約16時間乾燥させ、触媒Kを得た。

【0052】

比較例8

SiO₂/Al₂O₃モル比6のSHYゼオライト粉末(平均粒子径3.5μm、粒子径6μm以下のものがゼオライト全粒子の87%)と、アルミナ水和物を混練し、押出成形後、600℃で2時間焼成して直径1/16インチの柱状成形物のゼオライト-アルミナ複合担体(ゼオライト/アルミナ質量比:7/93、細孔容積0.69ml/g、比表面積374m²/g、平均細孔直径67nm)を得た。

イオン交換水19.8gに、クエン酸第一コバルト7.92gとリン酸(85%水溶液)3.68gを投入し、80℃に加温して10分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸12.08gを投入し溶解させ、同温度で15分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液のpHは0.48であった。

ナス型フラスコ中に、上記のゼオライト-アルミナ複合担体30.0gを投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約25℃で3時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120℃で約16時間乾燥させ、触媒Lを得た。

【0053】

実施例13

イオン交換水24.6gに、炭酸コバルト5.34gとリン酸(85%水溶液)4.29gを投入し、80℃に加温して10分間攪拌した。次いで、三酸化モリブデン15.26gを投入し溶解させ、同温度で15分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液のpHは0.56であった。

ナス型フラスコ中に、実施例1と同一のゼオライト-アルミナ複合担体30.0gを投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約25℃で3時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120℃で約16時間乾燥させ、触媒Mを得た。

【0054】

比較例1

イオン交換水21.6gに、炭酸コバルト3.31gと、モリブドリン酸11.41gと、オルトリン酸1.17gを溶解させた含浸用の溶液を調製した。ナス型フラスコ中に、ゼオライト-アルミナ担体(細孔容積0.69ml/g、比表面積364m²/g、平均細孔直径64nm)30.0gを投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約25℃で1時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120℃で約4時間乾燥させ、500℃で4時間焼成し、触媒aを得た。

【0055】

10

20

30

40

50

比較例 2

イオン交換水 20.2 g に、クエン酸第一コバルト 7.45 g とリン酸 (85% 水溶液) 1.17 g を投入し、80 に加温して 10 分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸 1.41 g を投入し溶解させ、同温度で 15 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。

ナス型フラスコ中に、実施例 1 と同一のゼオライト - アルミナ複合担体 30.0 g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 3 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 1 時間乾燥させ、500 で 4 時間焼成し、触媒 b を得た。

【0056】

比較例 3

イオン交換水 30.0 g に、炭酸コバルト 2.61 g と三酸化モリブデン 6.41 g とクエン酸 1 水和物 6.14 g とリン酸 (85% 水溶液) 2.77 g を投入し、80 に加温して 30 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液の pH は 0.82 であった。

ナス型フラスコ中に、-アルミナ担体 (細孔容積 0.61 ml/g、比表面積 240 m²/g、平均細孔直径 72) 30.0 g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 1 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 4 時間乾燥させ、500 で 4 時間焼成し、触媒 c を得た。

【0057】

比較例 4

イオン交換水 19.3 g に、クエン酸第一コバルト 8.28 g とリン酸 (85% 水溶液) 5.76 g を投入し、80 に加温して 10 分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸 1.264 g を投入し溶解させ、同温度で 15 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。このとき含浸溶液の pH は 0.46 であった。

ナス型フラスコ中に、実施例 1 と同一のゼオライト - アルミナ複合担体 30.0 g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 3 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 16 時間乾燥させ、触媒 d を得た。

【0058】

比較例 5

イオン交換水 22.6 g に、炭酸コバルト 3.31 g とリン酸 (85% 水溶液) 1.17 g を投入し、80 に加温して 10 分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸 1.141 g を投入し溶解させ、同温度で 15 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。このとき含浸溶液の pH は 0.54 であった。

ナス型フラスコ中に、実施例 1 と同一のゼオライト - アルミナ複合担体 30.0 g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 3 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 16 時間乾燥させ、触媒 e を得た。

【0059】

比較例 6

イオン交換水 20.5 g に、クエン酸第一コバルト 7.27 g を投入し、80 に加温して 10 分間攪拌した。次いで、モリブドリン酸 1.110 g を投入し溶解させ、同温度で 15 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。このとき含浸溶液の pH は 0.78 であった。

ナス型フラスコ中に、実施例 1 と同一のゼオライト - アルミナ複合担体 30.0 g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 3 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 16 時間乾燥させ、触媒 f を得た。

【0060】

10

20

30

40

50

比較例 7

イオン交換水 25.3 g に、炭酸コバルト 4.34 g とモリブドリン酸 12.29 g を投入し溶解させ、80 で 15 分間攪拌して含浸用の溶液を調製した。この時、含浸溶液の pH は 1.95 であった。

ナス型フラスコ中に、実施例 1 と同一のゼオライト - アルミナ複合担体 30.0 g を投入し、そこへ上記の含浸溶液の全量をピペットで添加し、約 25 で 3 時間浸漬した。

この後、窒素気流中で風乾し、マッフル炉中、空気気流中・大気圧・120 で約 16 時間乾燥させ、触媒 g を得た。

【0061】

以上の実施例及び比較例で得た触媒の元素分析値と物性値を表 1 に示す。

10

表 1 に示す物性値の測定方法及び分析機器を以下に示す。

[比表面積 (SA) の測定]

比表面積は、窒素吸着による BET 法により測定した。

窒素吸着装置は、日本ベル (株) 製の表面積測定装置 (ベルソープ 28) を使用した。

[細孔容積 (PV)、平均細孔直径 (MPD) 等の測定]

細孔容積、平均細孔直径、及び細孔分布は、水銀圧入法により測定した。

水銀圧入装置は、ポロシメーター (MICROMERITICS AUTO - PORE 9200: 島津製作所製) を使用した。

測定は、試料を真空雰囲気下、400 にて 1 時間、揮発分を除去して行った。

【0062】

20

[二硫化モリブデンの層 (TEM) の測定]

二硫化モリブデンの層の積層数は、透過型電子顕微鏡 (TEM) (日本電子社製商品名 "JEM - 2010") を用いて、次の要領で測定した。

1) 触媒を流通式反応管に詰め、室温で窒素気流中に 5 分間保持し、雰囲気ガスを H_2S (5 容量%) / H_2 に切替え、速度 5 / min で昇温し、400 に達した後、1 時間保持した。その後、同雰囲気下で 200 まで降温し、雰囲気ガスを窒素に切り替え、常温まで降温し、硫化処理を終了した。

2) この硫化処理後の触媒をメノウ乳鉢で粉碎した。

3) 粉碎した触媒の少量をアセトン中に分散させた。

4) 得られた懸濁液をマイクログリッド上に滴下し、室温で乾燥して試料とした。

30

5) 試料を TEM の測定部にセットし、加速電圧 200 kV で測定した。

直接倍率は 20 万倍で、5 視野を測定した。

6) 写真を 200 万倍になるように引き伸ばし (サイズ 16.8 cm x 16.8 cm)、1 視野当たり 200 以上の二硫化モリブデン等の 6 族金属の二硫化物の結晶が目視できるものを用い、二硫化モリブデンの積層数と、層の面方向の長さを測り取った。

【0063】

[NO 吸着 FT-IR (フーリエ変換赤外分光度) (NO-IR) の測定]

前処理後の触媒中の活性金属 (Co、Mo 等) へのガス吸着量を調べるために、前処理後の触媒に NO を吸着させ、拡散反射法 FT-IR (FT-IR-8100M、島津製作所製) で観察した。このときの加熱真空型拡散反射用セル (KBr 窓板) は、スペクトラテック社製を使用した。

40

a) 触媒の前処理 (硫化処理): 触媒は、粉碎後拡散反射用セルに入れ、He 気流中で昇温し、400 に達した後、30 分保持し、次いで H_2S (5%) / H_2 ガスに切り替え、2 時間保持し、続いて He ガスに切り替え、30 分フラッシングした後、同気流中で常温まで降温し、前処理を終了した。

b) FT-IR 測定: 常温で、NO ガス気流中で 30 分保持した後、He ガスに切り替え、30 分排気処理後、FT-IR 測定を行った。

測定条件; 波長範囲: $4600 \sim 400 \text{ cm}^{-1}$

分解能: 4 cm^{-1}

c) 測定結果の解析: 8 族金属に吸着した NO スペクトル (1840 cm^{-1})、及び 6

50

族金属に吸着したNOスペクトル (1700 cm^{-1}) のそれぞれの強度を調べ、以下の式で示す値で、二硫化モリブデン等の6族金属の二硫化物のエッジ部分に占める脱硫の活性点と考えられるCoMoS相、NiMoS相等の数を比較した。

$$\text{ICoMoS等の活性点} = \text{I8族} / (\text{I8族} + \text{I6族})$$

式中、I8族は8族金属に吸着したNOスペクトルの強度であり、I6族は6族金属に吸着したNOスペクトルの強度である。

なお、代表例として、触媒AについてのNO吸着FT-IRスペクトルを、図1に示す。

また、触媒Bについての透過型電子顕微鏡写真(TEM)を図2に示す。

【0064】

【表1】

表1

| 触媒 | 化学組成 wt% | | | | | | | | 物理性状 | | | | TEM | | NO-IR 18/ (18+16) |
|----|----------|-----|------------------|-----------------|-------------------------------|-----|----------|---|-------------------------|------------|----------|------------------|-----------|-------------|-------------------------|
| | CoO | NiO | MoO ₃ | WO ₃ | P ₂ O ₅ | C | 他 含担体 | P ₂ O ₅ / MoO ₃ | SA m ² /g | PV ml/g | MPD A | MPD ±15 A% | 平均 積層数 | 面方向 平均長さ | |
| A | 5.7 | | 27.0 | | 3.6 | 3.8 | 残り | 0.13 | 210 | 0.41 | 111 | 55 | 3.7 | 2.8 | 0.96 |
| B | 5.8 | | 26.9 | | 3.7 | 3.9 | 残り | 0.14 | 220 | 0.41 | 112 | 48 | 3.8 | 2.7 | 0.93 |
| C | 5.7 | | 26.8 | | 4.5 | 3.7 | 残り | 0.17 | 218 | 0.35 | 106 | 56 | 3.7 | 3.1 | 0.96 |
| D | 5.6 | | 26.5 | | 5.4 | 3.6 | 残り | 0.20 | 219 | 0.34 | 106 | 51 | 3.9 | 2.9 | 0.92 |
| E | 4.6 | 1.1 | 26.4 | | 3.6 | 3.9 | 残り | 0.14 | 220 | 0.39 | 109 | 49 | 3.8 | 2.8 | 0.97 |
| F | 4.7 | 1.0 | 26.2 | | 4.6 | 3.8 | 残り | 0.18 | 215 | 0.39 | 109 | 56 | 3.9 | 2.8 | 0.96 |
| G | 5.6 | | 26.9 | | 3.6 | 3.7 | 残り | 0.13 | 197 | 0.39 | 109 | 54 | 3.3 | 3.2 | 0.84 |
| H | 5.4 | | 26.8 | | 3.7 | 2.6 | 残り | 0.14 | 205 | 0.40 | 112 | 55 | 3.6 | 2.9 | 0.90 |
| I | 5.4 | | 26.9 | | 3.7 | 3.7 | 残り | 0.14 | 217 | 0.38 | 110 | 47 | 3.4 | 3.1 | 0.92 |
| J | 5.7 | | 26.6 | | 4.1 | 3.8 | 残り | 0.15 | 223 | 0.40 | 108 | 53 | 3.2 | 2.8 | 0.93 |
| K | 5.5 | | 26.7 | 1.1 | 3.6 | 3.8 | 残り | 0.13 | 206 | 0.39 | 113 | 49 | 3.5 | 2.9 | 0.96 |
| L | 5.5 | | 18.9 | | 5.4 | 3.4 | 残り | 0.29 | 246 | 0.33 | 71 | 79 | 3.1 | 2.9 | 0.75 |
| M | 6.1 | | 29.0 | | 5.5 | 4.1 | 残り | 0.19 | 203 | 0.35 | 107 | 49 | 3.6 | 2.8 | 0.96 |
| a | 5.0 | | 20.0 | | 2.7 | 0 | 残り | 0.14 | 250 | 0.48 | 75 | 81 | 1.9 | 3.6 | 0.61 |
| b | 5.4 | | 21.0 | | 2.5 | 0 | 残り | 0.12 | 255 | 0.44 | 84 | 79 | 2.2 | 3.5 | — |
| c | 3.8 | | 15.1 | | 4.7 | 4.9 | 残り | 0.31 | 165 | 0.32 | 79 | 78 | — | — | 0.56 |
| d | 5.1 | | 19.0 | | 7.6 | 3.5 | 残り | 0.40 | 221 | 0.30 | 70 | 77 | 3.1 | 2.9 | 0.63 |
| e | 5.0 | | 20.5 | | 2.4 | 0 | 残り | 0.12 | 244 | 0.41 | 82 | 76 | 2.7 | — | 0.52 |
| f | 5.3 | | 21.0 | | 0.9 | 3.2 | 残り | 0.04 | 268 | 0.42 | 72 | 79 | 1.9 | — | — |
| g | 5.6 | | 26.7 | | 1.0 | 0 | 残り | 0.04 | 218 | 0.40 | 109 | 51 | 2.1 | 3.1 | — |

【0065】

〔直留軽油の水素化処理反応〕

上記の実施例及び比較例で調製した触媒A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K、L、M、a、b、c、d、e、f、gを用い、以下の要領にて、下記性状の直留軽油の水素化処理を行った。

まず、触媒を高圧流通式反応装置に充填して固定床式触媒層を形成し、下記の条件で前処理した。

次に、反応温度に加熱した原料油と水素含有ガスとの混合流体を、反応装置の上部より導入して、下記の条件で水素化反応を進行させ、生成油とガスの混合流体を、反応装置の下部より流出させ、気液分離器で生成油を分離した。

【0066】

10

20

30

40

50

前処理：原料油による触媒の液硫化を行った。

圧力（水素分圧）；4.9 MPa

雰囲気；水素及び原料油（液空間速度 1.5 hr^{-1} 、水素/オイル比 $200 \text{ m}^3 (\text{normal}) / \text{kl}$ ）

温度；常温約 22 で水素及び原料油を導入し、 20 /hr で昇温し、 300 にて 24 hr 維持、次いで反応温度である 350 まで 20 /hr で昇温

【0067】

水素化反応条件：

反応温度；350

圧力（水素分圧）；4.9 MPa

液空間速度； 1.5 hr^{-1}

水素/オイル比； $200 \text{ m}^3 (\text{normal}) / \text{kl}$

10

【0068】

原料油の性状：

油種；中東系直留軽油

密度（ $15/4$ ）；0.8570

蒸留性状；初留点が 212.5 、50% 点が 303.5 、90% 点が 354.0 、終点が 372.5

硫黄成分；1.61 質量%

窒素成分；140 質量 ppm

動粘度（@ 30 ）； 5.857 cSt

流動点； -2.5

くもり点；1.0

セタン指数；54.5

セイボルトカラー；-6

20

【0069】

反応結果については、以下の方法で解析した。

350 で反応装置を運転し、6日経過した時点で生成油を採取し、その性状を分析した。また、下記の如く脱硫率、脱硫反応速度定数、比活性を算出した。これらの結果を表2に示した。〔1〕脱硫率（HDS）（%）：

30

原料中の硫黄分を脱硫反応によって硫化水素に転換することにより、原料油から消失した硫黄分の割合を脱硫率と定義し、原料油及び生成油の硫黄分析値から以下の式により算出した。

脱硫率（%）= $[(S_f - S_p) / S_f] \times 100$ 〔2〕脱硫反応速度定数（ K_s ）

：

生成油の硫黄分（ S_p ）の減少量に対して、1.3次の反応次数を得る反応速度式の定数を脱硫反応速度定数（ K_s ）とする。なお、反応速度定数が高い程、触媒活性が優れていることを示している。

脱硫反応速度定数 = $[1 / (S_p)^{(1.3-1)} - 1 / (S_f)^{(1.3-1)}] \times (LHSV) \times 1 / (1.3 - 1)$

40

上記脱硫率と脱硫反応速度定数の両式中、 S_f は原料油中の硫黄分（質量%）、 S_p は反応生成油中の硫黄分（質量%）、 $LHSV$ は液空間速度（ hr^{-1} ）である。〔3〕比活性（%）：

比活性（%）=（各脱硫反応速度定数 / 比較触媒 a の脱硫反応速度定数） $\times 100$

【0070】

【表 2】

表 2

| 触媒 | 反応温度 350℃ | | | | |
|----|--------------|---------|------|-----|--------------|
| | 硫黄分 (質量 ppm) | 脱硫率 (%) | 速度定数 | 比活性 | 窒素分 (質量 ppm) |
| A | 9 | 99.9 | 36.7 | 270 | <1 |
| B | 8 | 100 | 38.1 | 280 | <1 |
| C | 8 | 100 | 38.1 | 280 | <1 |
| D | 10 | 99.9 | 35.4 | 261 | <1 |
| E | 8 | 100 | 38.1 | 280 | <1 |
| F | 8 | 100 | 38.1 | 280 | <1 |
| G | 13 | 99.9 | 32.4 | 238 | <1 |
| H | 10 | 99.9 | 35.4 | 261 | <1 |
| I | 13 | 99.9 | 32.4 | 238 | <1 |
| J | 12 | 99.9 | 33.3 | 245 | <1 |
| K | 10 | 99.9 | 35.4 | 261 | <1 |
| L | 48 | 99.7 | 20.5 | 151 | 3 |
| M | 9 | 99.9 | 36.7 | 270 | <1 |
| a | 142 | 99.1 | 13.6 | 100 | 41 |
| b | 88 | 99.5 | 16.3 | 121 | 27 |
| c | 170 | 98.9 | 12.6 | 93 | 50 |
| d | 120 | 99.3 | 14.5 | 107 | 3 |
| e | 179 | 98.9 | 12.4 | 91 | 38 |
| f | 126 | 99.2 | 14.2 | 105 | 6 |
| g | 214 | 97.5 | 11.3 | 83 | 40 |

10

20

【0071】

表 2 から明らかなように、本発明の製造法による触媒 A ~ K、および M を用いれば、超深度脱硫領域を容易に達成できることが判る。

30

また、以上の結果から明らかなように、本発明による触媒は、従来の軽油水素化処理の場合とほぼ同じ水素分圧や反応温度等の条件下で、超深度脱硫領域での軽油の脱硫反応及び脱窒素反応に対して、極めて優れた活性を有することが判る。

【0072】

本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2002年12月18日出願の日本特許出願（特願2002 - 366916）、および、2003年3月28日出願の日本特許出願（特願2003 - 091844）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

40

【0073】

尚、本出願は、日本国の委託研究の成果に係る特許出願（2002年度新エネルギー・産業技術総合開発機構（石油精製汚染物質低減等技術開発）委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの）である。

【図面の簡単な説明】

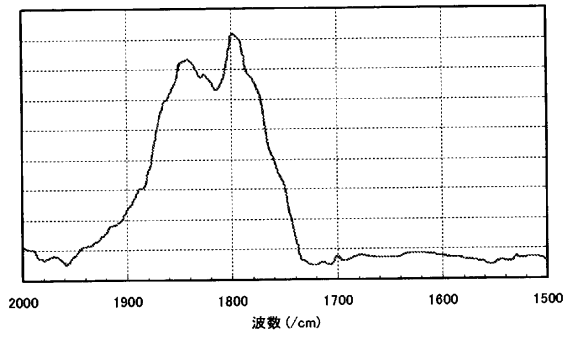
【0074】

図 1 は、実施例 1 で得た触媒 A についての NO 吸着 FT - IR スペクトルを示す図である。

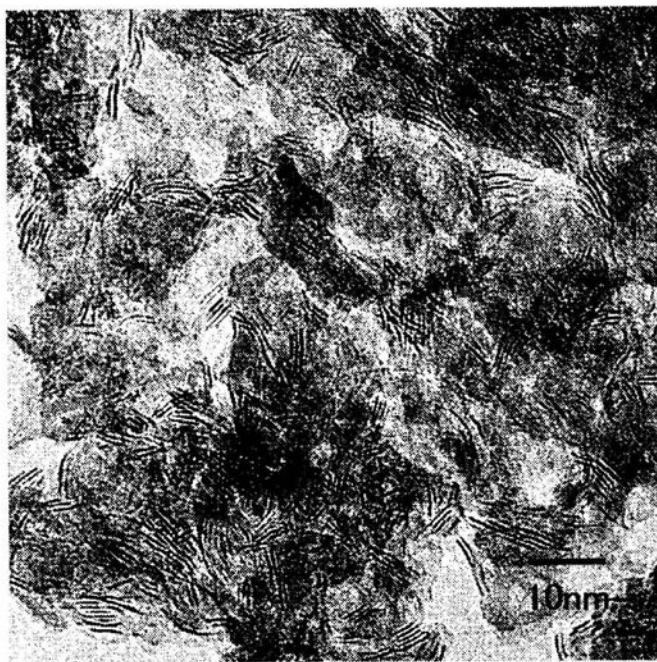
図 2 は、実施例 2 で得た触媒 B についての TEM 写真像を示す図である。

50

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 中嶋 伸昌
埼玉県幸手市権現堂 1 1 3 4 - 2 コスモ石油株式会社 中央研究所内
- (72)発明者 橋本 稔
埼玉県幸手市権現堂 1 1 3 4 - 2 コスモ石油株式会社 中央研究所内

審査官 牟田 博一

- (56)参考文献 特開平 0 6 - 3 3 9 6 3 5 (J P , A)
特開平 0 6 - 2 2 6 1 0 8 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 0 6 2 3 0 1 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 3 1 3 8 9 0 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 9 9 9 6 0 (J P , A)
特開平 0 4 - 1 5 6 9 4 8 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B01J 21/00 ~ 38/74
C10G 45/08