

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-129358

(P2005-129358A)

(43) 公開日 平成17年5月19日(2005.5.19)

(51) Int.Cl.⁷

H O 1 M 4/90

B O 1 J 23/89

// H O 1 M 8/10

F I

H O 1 M 4/90

B O 1 J 23/89

H O 1 M 8/10

テーマコード (参考)

4 G O 6 9

4 G 1 6 9

5 H O 1 8

5 H O 2 6

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2003-363734 (P2003-363734)

(22) 出願日 平成15年10月23日 (2003.10.23)

(71) 出願人 000104607

株式会社キャタラー

静岡県小笠郡大東町千浜 7 8 0 0 番地

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

(74) 代理人 100081776

弁理士 大川 宏

(72) 発明者 伊藤 哲男

静岡県小笠郡大東町千浜 7 8 0 0 番地 株

式会社キャタラー内

(72) 発明者 寺田 智明

静岡県小笠郡大東町千浜 7 8 0 0 番地 株

式会社キャタラー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池用カソード触媒

(57) 【要約】

【課題】電池の耐久性を維持しかつ電池を高出力化することができる白金と鉄とを含有する燃料電池用カソード触媒を提供することである。

【解決手段】白金と、鉄と、更に鉄と親和性を有する第三成分であるタングステン、チタン、モリブデン、レニウム、亜鉛、マンガン、スズ、タンタル及びロジウムのうちの1種以上の元素とを含有する合金からなる担持層と、該担持層を担持する担体とを有することを特徴とする燃料電池用カソード触媒である。白金と鉄とを含有する合金を用いた触媒は電池を高出力化することができる。白金と鉄とを含有する合金を鉄と親和性を有する第三成分のうちの1種以上の元素を含有する合金とすることによって、鉄が電解質に溶出することを防止することができる。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池のカソードに用いられる燃料電池用カソード触媒であって、
白金と、鉄と、更に鉄と親和性を有する第三成分であるタングステン、チタン、モリブデン、レニウム、亜鉛、マンガン、スズ、タンタル及びロジウムのうちの 1 種以上の元素とを含有する合金からなる担持層と、

該担持層を担持する担体とを含むことを特徴とする燃料電池用カソード触媒。

【請求項 2】

前記第三成分は、タングステン又はチタンのうちの 1 種以上の元素である請求項 1 記載の燃料電池用カソード触媒。

10

【請求項 3】

前記第三成分はタングステンであって、100 重量部の白金に対して、0.5～10 重量部の鉄、5～50 重量部のタングステンである請求項 2 記載の燃料電池用カソード触媒。

【請求項 4】

前記第三成分はチタンであって、100 重量部の白金に対して、0.5～10 重量部の鉄、5～20 重量部のチタンである請求項 2 記載の燃料電池用カソード触媒。

【請求項 5】

前記担体はカーボン粉末である請求項 1～4 記載の燃料電池用カソード触媒。

【請求項 6】

20

前記燃料電池は、高分子電解質型燃料電池である請求項 1～5 記載の燃料電池用カソード触媒。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池用カソード触媒に関する。更に詳しくは白金、鉄及び第三成分であるタングステン、チタン、モリブデン、レニウム、亜鉛、マンガン、スズ、タンタル及びロジウムのうちの 1 種以上の元素とを含む合金を含有する燃料電池用カソード触媒に関する。

【背景技術】

30

【0002】

燃料電池用カソードに用いられる触媒としては、白金が従来から用いられている。この場合白金と鉄とを合金化してカソード触媒に用いることによって酸素還元活性を増大させて電池を高出力化することができることが知られている。

【0003】

例えば特開昭 60-7941 号公報には、担体の上に分散された超格子構造の白金-鉄合金を含有する電極触媒が開示されている。

【特許文献 1】特開昭 60-7941 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

しかし燃料電池の電解質として、パーフルオロ酸イオノマーなど SO_3H 基を有する高分子材料からなる酸性の電解質を用いた場合には、白金-鉄合金を燃料電池のカソード触媒に含有させると、白金-鉄合金に含まれる鉄が燃料電池の電解質中に溶解するということが生じうる。つまりこの電解質が SO_3H 基を有する場合水によって膨潤すると強酸となる。このような場合に燃料電池のカソード触媒に白金-鉄合金を含有させると、鉄のような卑金属はイオンとして溶出してしまう。そして電解質中のプロトン即ち SO_3H 基の H^+ とイオン交換してしまう。そうなるとこの高分子電解質の導電性が損なわれる。その結果電池性能の低下を引き起こし、燃料電池の寿命を延ばすことができないという問題が生じることになる。

50

【 0 0 0 5 】

そこで本発明の目的は、電池の耐久性を維持しかつ電池を高出力化することができる白金と鉄とを含有する燃料電池用カソード触媒を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明者は、鋭意研究の結果、燃料電池のカソードに用いられる燃料電池用カソード触媒であって、白金と、鉄と、更に鉄と親和性を有する第三成分であるタングステン、チタン、モリブデン、レニウム、亜鉛、マンガン、スズ、タンタル及びロジウムのうちの1種以上の元素とを含有する合金からなる担持層と、該担持層を担持する担体とを有することを特徴とする燃料電池用カソード触媒を発明した。

10

【 0 0 0 7 】

即ち白金と、鉄と、更に鉄と親和性を有する第三成分であるタングステン、チタン、モリブデン、レニウム、亜鉛、マンガン、スズ、タンタル及びロジウムのうちの1種以上の元素を加えて鉄とこの第三成分に含まれる元素とを優先的に合金化することによって、電解質膜中への鉄の溶出を防止することができる。カソード触媒の寿命を長くすることができる。また白金及び鉄を含んでいるので、酸素還元反応を増大させることにより電池を高出力化することができる。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明の燃料電池用カソード触媒を用いることにより、電解質膜の劣化を引き起こす鉄の溶出を防ぎ、燃料電池の耐久性を維持することができる。また鉄を含有することにより電池を高出力化することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 0 9 】

以下本発明の燃料電池用カソード触媒の実施の形態について説明する。

【 0 0 1 0 】

燃料電池用カソード触媒は、燃料電池のカソード即ち酸化剤が供給される側の電極として用いるものである。例えば水素 / 酸素燃料電池においては酸素極の触媒として用いることができる。

【 0 0 1 1 】

本発明の燃料電池用カソード触媒は、白金と、鉄と、更に鉄と親和性を有する第三成分であるタングステン、チタン、モリブデン、レニウム、亜鉛、マンガン、スズ、タンタル及びロジウムのうちの1種以上の元素とを含有する合金からなる担持層と、担持層を担持する担体とを有することを特徴とする。

30

【 0 0 1 2 】

本発明の燃料電池用カソード触媒の担持層は、白金と、鉄と、更に鉄と親和性を有する第三成分であるタングステン、チタン、モリブデン、レニウム、亜鉛、マンガン、スズ、タンタル及びロジウムのうちの1種以上の元素とを含む合金からなる。

【 0 0 1 3 】

即ちここで用いられる合金としては、白金及び鉄に更に第三成分の元素のうちの1種を加えた合金、即ち白金 - 鉄 - タングステン合金、白金 - 鉄 - チタン合金、白金 - 鉄 - モリブデン、白金 - 鉄 - レニウム合金、白金 - 鉄 - 亜鉛合金、白金 - 鉄 - マンガン合金、白金 - 鉄 - スズ合金、白金 - 鉄 - タンタル合金、白金 - 鉄 - ロジウム合金等を挙げることができる。更に白金 - 鉄 - タングステン - モリブデン合金というように、白金及び鉄に第三成分の元素のうちの2種以上を任意に組み合わせることも可能である。

40

【 0 0 1 4 】

ここで白金と鉄と第三成分との組み合わせは白金を100重量部として、鉄を概ね0.5 ~ 10重量部とし、第三成分を概ね5 ~ 50重量部とすることができる。

【 0 0 1 5 】

これらの合金のうちで、白金と鉄とタングステンとからなる合金、白金と鉄とチタンと

50

からなる合金が好ましい。白金 - 鉄 - タングステン合金、白金 - 鉄 - チタン合金が、燃料電池用カソード触媒として優れた耐久性を示すからである。即ち鉄が電解液中又は電解膜中に溶出することを防止するからである。

【0016】

白金 - 鉄 - タングステン合金の場合、白金を100重量部として、鉄を概ね0.5 ~ 10重量部、タングステンを概ね5 ~ 50重量部とすることができ、好ましくは鉄を概ね1.0 ~ 3.0重量部、タングステンを概ね20 ~ 30重量部とすることができる。

【0017】

白金 - 鉄 - チタン合金の場合、白金を100重量部として、鉄を概ね0.5 ~ 10重量部、チタンを概ね5 ~ 20重量部とすることができる。

10

【0018】

なお白金と鉄と第三成分の金属に更にこれら以外の金属を含有させることも可能である。例えばコバルト、ニッケル、クロム等を挙げることができるが、これらに限定されるものではない。

【0019】

また本発明の燃料電池用カソード触媒の担体は、上述した担持層を担持する担体である。この担体としては適切な材料を用いることができる。例えばカーボン粉末等の炭素材料等を挙げることができるが、これらに限定されるものではない。

【0020】

なお担体と担持層は、重量比で概ね100重量部の担体に対して、5 ~ 70重量部の担持層とすることができ、好ましくは20 ~ 60重量部の担持層とすることができる。

20

【0021】

なお本発明の燃料電池用カソード触媒は、担体として用いられる材料例えばカーボンの粉末に白金、鉄及び第三成分の元素を担持させて、これらの元素を担持した粉末を還元処理、合金化処理、洗浄及び真空乾燥を行って製造することができる。

【0022】

このようにして製造された本発明の燃料電池用カソード触媒は、燃料電池用カソードに担持させて用いることができる。この場合高分子電解質型燃料電池のカソード触媒として用いることが好適である。上述したように高分子電解質型燃料電池の電解質として、パーフルオロ酸イオノマーなど SO_3H 基を有する高分子材料からなる酸性の電解質を用いた場合には、この電解質が水によって膨潤すると強酸となる。このような場合に燃料電池のカソード触媒に白金 - 鉄合金を含有させると、鉄のような卑金属はイオンとして溶出してしまう。しかし本発明においては、第三成分の元素をも併せて合金化しているので、鉄の溶出を防止することができる。

30

【0023】

なお燃料電池用カソードとして用いることができる材料として、カーボクロスやカーボンペーパー等の炭素系の材料を挙げることができるが、これらの限定されるわけではない。これらの材料に適切な方法で担持させて用いることができる。

【実施例】

【0024】

40

(実施例1)

白金3.6gを含むヘキサヒドロキソ白金硝酸溶液1.0Lにカーボン粉末6.0gを加えて、カーボン粉末をこの溶液中に十分に分散した。そしてこのカーボン粉末が分散した溶液を濾過洗浄して白金を担持したカーボン粉末を得た。

【0025】

このカーボン粉末を脱イオン水0.5Lに均一に分散し、更に0.2gの鉄を含む硝酸鉄水溶液0.1Lを添加した。そしてこの水溶液に質量パーセント濃度で6%のアンモニア水を滴下してpH (Hydrogen ion exponent) を5.0 ~ 8.0に調整し、水酸化鉄を沈降させた。この水酸化鉄を沈降させた水溶液を濾過洗浄し、白金と鉄とを担持したカーボン粉末を得た。

50

【0026】

このカーボン粉末を脱イオン水0.5Lに均一に分散し、更に0.2gのタングステン酸アンモニウムパラ5水和水溶液0.2Lを添加した。次に硝酸溶液をpHが1.0以下になるまでこの水溶液に滴下して、三酸化タングステンを沈降させた。この三酸化タングステンを沈降させた水溶液を濾過洗浄して、白金と鉄とタングステンとを担持したカーボン粉末を得た。

【0027】

このカーボン粉末を水素雰囲気600で0.5～1.0時間の還元処理を行い、次いで窒素雰囲気650で1時間の合金化処理を行う。次にこの合金化処理を行った粉末を脱イオン水で十分に洗浄して、真空乾燥炉にて100で4時間乾燥して、白金-鉄-タ

10

【0028】

この白金-鉄-タングステン合金担持カーボン触媒粉末(1)は、質量百分率で白金担持密度36%、鉄担持密度2%、タングステン担持密度2%であった。

【0029】

またこの白金-鉄-タングステン合金担持カーボン触媒粉末(1)をX線解析(XRD)によって合金粒径を測定したところ、2.5～4.0nmであった。

【0030】

なお、合金の粒径は(111)面に帰属されるピーク(40°付近)のピーク及び半価幅から算出した。白金-鉄-α系の合金は合金化すると結晶の歪みができ(111)面に帰属されるピークの位置は高角度側にシフトする。この白金-鉄-タングステン合金担持カーボン触媒粉末(1)の合金のX線解析の(111)面に帰属されるピークの位置は40.1°であり合金化しているのが確認された。

20

【0031】

(実施例2)

実施例1と同様の方法で、白金3.7gと鉄0.2gを6.0gのカーボン粉末に担持した。

【0032】

このカーボン粉末を脱イオン水0.5Lに均一に分散して、更に0.1gのチタンを含む塩化チタン水溶液0.2Lを添加した。次いでこの水溶液に還元剤として水素化ホウ素ナトリウム1gを添加した。この水溶液を濾過洗浄して、白金と鉄とチタンとを担持したカーボン粉末を得た。

30

【0033】

このカーボン粉末を、実施例1と同様に、還元処理、合金化処理、洗浄及び真空乾燥を行い、白金-鉄-チタン合金担持カーボン触媒粉末(2)を得た。

【0034】

この白金-鉄-チタン合金担持カーボン触媒粉末(2)は、質量百分率で白金担持密度37%、鉄担持密度2%、チタン担持密度1%であった。

【0035】

またこの白金-鉄-チタン合金担持カーボン触媒粉末(2)をX線解析(XRD)によって合金粒径を測定したところ、3.5～6.0nmであった。また、この触媒粉末(2)の合金のX線解析の(111)面に帰属されるピークの位置は40.4°であり合金化しているのが確認された。

40

【0036】

(実施例3)

実施例1と同様の方法で、白金3.6gと鉄0.2gを6.0gのカーボン粉末に担持した。

【0037】

このカーボン粉末を脱イオン水0.5Lに均一に分散して、更に0.2gのモリブデンを含む塩化モリブデン水溶液0.2Lを添加した。次いでこの水溶液に還元剤として水素

50

化ホウ素ナトリウム 1 g を添加した。この水溶液を濾過洗浄して、白金と鉄とモリブデンとを担持したカーボン粉末を得た。

【0038】

このカーボン粉末を、実施例 1 と同様に、還元処理、合金化処理、洗浄及び真空乾燥を行い、白金 - 鉄 - モリブデン合金担持カーボン触媒粉末 (3) を得た。

【0039】

この白金 - 鉄 - モリブデン合金担持カーボン触媒粉末 (3) は、質量百分率で白金担持密度 36%、鉄担持密度 2%、モリブデン担持密度 2% であった。

【0040】

またこの白金 - 鉄 - モリブデン合金担持カーボン触媒粉末 (3) を X 線解析 (XRD) によって合金粒径を測定したところ、3.0 ~ 5.0 nm であった。また、この触媒粉末 (3) の合金の X 線解析の (111) 面に帰属されるピークの位置は 40.3° であり合金化しているのが確認された。

10

【0041】

(実施例 4)

白金 3.7 g を含むヘキサヒドロキソ白金硝酸溶液 1.0 L にカーボン粉末 6.0 g を加えて、カーボン粉末をこの溶液中に十分に分散した。そしてこのカーボン粉末が分散した溶液に 0.2 g の鉄を含む硝酸鉄水溶液 0.1 L と 0.1 g のチタンを含む塩化チタン水溶液を添加した。更にこの水溶液に質量パーセント濃度で 6% のアンモニア水を滴下して pH (Hydrogen ion exponent) を 6.0 ~ 8.0 に調整した。そしてこの水溶液を濾

20

【0042】

このカーボン粉末を、実施例 1 と同様に、還元処理、合金化処理、洗浄及び真空乾燥を行い、白金 - 鉄 - チタン合金担持カーボン触媒粉末 (4) を得た。

【0043】

この白金 - 鉄 - チタン合金担持カーボン触媒粉末 (4) は、質量百分率で白金担持密度 37%、鉄担持密度 2%、チタン担持密度 1% であった。

【0044】

またこの白金 - 鉄 - チタン合金担持カーボン触媒粉末 (4) を X 線解析 (XRD) によって合金粒径を測定したところ、3.5 ~ 6.0 nm であった。また、この触媒粉末 (4) の合金の X 線解析の (111) 面に帰属されるピークの位置は 40.2° であり合金化しているのが確認された。

30

【0045】

(実施例 5)

実施例 4 と同様の方法で白金 3.6 g と鉄 0.2 g を含む溶液に 6.0 g のカーボン粉末を懸濁した。即ち白金 3.6 g を含むヘキサヒドロキソ白金硝酸溶液 1.0 L にカーボン粉末 6.0 g を加えて、カーボン粉末をこの溶液中に十分に分散した。そしてこのカーボン粉末が分散した溶液に 0.2 g の鉄を含む硝酸鉄水溶液 0.1 L を添加した。そして塩化チタン水溶液に代えて、0.2 g のモリブデンを含む塩化モリブデン水溶液を添加した。更にこの水溶液に質量パーセント濃度で 6% のアンモニア水を滴下して pH (Hydrogen ion exponent) を 6.0 ~ 8.0 に調整した。そしてこの水溶液を濾過洗浄し、白金と鉄とモリブデンとを担持したカーボン粉末を得た。

40

【0046】

このカーボン粉末を、実施例 1 と同様に、還元処理、合金化処理、洗浄及び真空乾燥を行い、白金 - 鉄 - モリブデン合金担持カーボン触媒粉末 (5) を得た。

【0047】

この白金 - 鉄 - モリブデン合金担持カーボン触媒粉末 (5) は、質量百分率で白金担持密度 36%、鉄担持密度 2%、モリブデン担持密度 2% であった。

【0048】

またこの白金 - 鉄 - モリブデン合金担持カーボン触媒粉末 (5) を X 線解析 (XRD)

50

によって合金粒径を測定したところ、 $3.0 \sim 5.0 \text{ nm}$ であった。この触媒粉末(5)の合金のX線解析の(111)面に帰属されるピークの位置は 40.2° であり合金化しているのが確認された。

【0049】

(実施例6)

実施例1と同様の方法で、白金3.6gと鉄0.2gを6.0gのカーボン粉末に担持した。

【0050】

このカーボン粉末を、実施例1と同様に、還元処理、合金化処理、洗浄及び真空乾燥を行い、白金-鉄合金担持カーボン触媒粉末を得た。

10

【0051】

この白金-鉄合金担持カーボン触媒粉末を脱イオン水0.5Lに均一に分散し、更に0.2gのタングステン酸アンモニウムパラ5水和水溶液0.2Lを添加した。次に硝酸溶液をpHが1.0以下になるまでこの水溶液に滴下して、三酸化タングステンを沈降させた。この三酸化タングステンを沈降させた水溶液を濾過洗浄して、タングステンを担持した白金-鉄合金担持カーボン触媒粉末に得た。

【0052】

このカーボン触媒粉末を、実施例1と同様に、還元処理、合金化処理、洗浄及び真空乾燥を行い、白金-鉄-タングステン合金担持カーボン触媒粉末(6)を得た。

【0053】

20

この白金-鉄-タングステン合金担持カーボン触媒粉末(6)は、質量百分率で白金担持密度36%、鉄担持密度2%、タングステン担持密度2%であった。

【0054】

またこの白金-鉄-タングステン合金担持カーボン触媒粉末(1)をX線解析(XRD)によって合金粒径を測定したところ、 $2.5 \sim 4.0 \text{ nm}$ であった。この触媒粉末(6)の合金のX線解析の(111)面に帰属されるピークの位置は 40.1° であり合金化しているのが確認された。

【0055】

(比較例1)

実施例6と同様の方法で、白金3.8gと鉄0.2gを6.0gのカーボン粉末に担持した。

30

【0056】

このカーボン粉末を、実施例1と同様に、還元処理、合金化処理、洗浄及び真空乾燥を行い、白金-鉄合金担持カーボン触媒粉末(7)を得た。

【0057】

この白金-鉄合金担持カーボン触媒粉末(7)は、質量百分率で白金担持密度38%、鉄担持密度2%であった。

【0058】

またこの白金-鉄合金担持カーボン触媒粉末(7)をX線解析(XRD)によって合金粒径を測定したところ、 $2.5 \sim 4.0 \text{ nm}$ であった。この触媒粉末(7)の合金のX線解析の(111)面に帰属されるピークの位置は 40.1° であり合金化しているのが確認された。

40

【0059】

(比較試験)

得られた白金合金担持カーボン触媒粉末(1)~(7)を用いて、以下のように固体高分子型燃料電池用のカソードを形成した。即ち上述のようにして得られた白金合金担持カーボン触媒粉末(1)~(7)をナフィオン10%溶液(アルドリッチ社製)と有機溶媒に分散した。そしてこの分散液をカーボンクロスに塗布してカソードを形成した。このカソードの 1 cm^2 当たりの白金合金担持カーボン触媒粉末の量は0.3mgであった。

【0060】

50

この白金合金担持カーボン触媒粉末(1)～(7)が塗布されて形成されたカソードとアノードとを高分子電解質膜を介してホットプレスで貼り合わせて、燃料電池を形成した。

【0061】

なおここでアノードは、カーボンブラックに白金を担持した触媒をカーボンペーパーに塗布して形成したものを用いた。なおここではカーボンブラックとしてカボット(CABOT)社の商品名Vulcan XC72Rを用いた。またカーボンブラックと白金の割合は、カーボンブラックが60重量部に対して白金が40重量部とした。また高分子電解質膜としては、デュポン(Dupont)社の商品名ナフィオン(Nafion)を用いた。このNafionは、 SO_3H 基を持った高分子材料である。

10

【0062】

こうして構成した単セルの電極面積は 13cm^2 であった。そしてこの燃料電池のカソード及びアノードにそれぞれ 0.1MPa の背圧をかけ、カソード側に空気を 1L/min 、アノード側に水素を 0.5L/min それぞれ供給した。

【0063】

評価は、開回路(OCV)～ 2A/cm^2 まで電流密度を一定速度で上昇させるサイクルを2時間繰り返した後に、電流密度を 0.5A/cm^2 に固定して電池電圧を測定した。

【0064】

白金合金担持カーボン触媒粉末(1)～(7)を用いた燃料電池それぞれの100時間後、200時間後、300時間後、400時間後、500時間後、600時間後、700時間後、800時間後及び900時間後の電池電圧を測定した。耐久試験結果における白金合金担持カーボン触媒粉末(1)～(7)を用いた電池電圧を図1に示す。なお図1において白金合金担持カーボン触媒粉末は単に触媒粉末と略した。

20

【0065】

図1により、白金-鉄-第三元素合金担持カーボン触媒粉末(1)～(6)を用いた電池は白金-鉄合金担持カーボン触媒粉末(7)を用いた電池よりも電池の耐久性が高かった。特に2時間以上経過すると明確に耐久性が異なることが分かる。更に400時間以上経過すると白金-鉄-第三元素合金担持カーボン触媒粉末(1)～(6)を用いた電池は白金-鉄合金担持カーボン触媒粉末(7)を用いた電池よりも電圧が2倍以上とになっていることが分かる。以上のことから白金と鉄からなる合金を用いたカーボン触媒粉末よりも白金と鉄とタングステン、チタン、モリブデン、レニウム等の第三元素とからなる合金を用いたカーボン触媒粉末の方が電池の耐久性を向上させることが分かった。

30

【0066】

また白金-鉄-第三元素合金担持カーボン触媒粉末(1)～(6)を用いた電池のうちで、白金-鉄-タングステン合金担持カーボン触媒粉末(1)と(6)を用いた電池及び白金-鉄-チタン合金担持カーボン触媒粉末(2)と(4)を用いた電池は、白金-鉄-レニウム合金担持カーボン触媒粉末(3)と(5)を用いた電池よりも電池の耐久性が高かった。従って白金と鉄とに加えて合金を形成する第三元素としてはタングステンとチタンがより好ましいことが分かった。

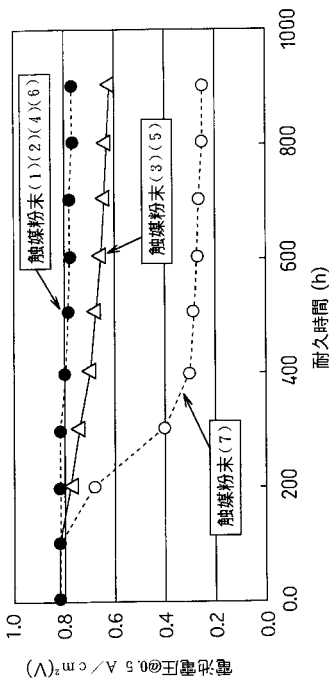
40

【図面の簡単な説明】

【0067】

【図1】比較試験の結果を示す図である。

【 図 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 久雄

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 永見 哲夫

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 4G069 AA03 AA08 BA08A BA08B BB02A BB02B BC50A BC50B BC59A BC59B
BC60A BC60B BC66A BC66B BC75A BC75B CC32 FB05
4G169 AA03 AA08 BA08A BA08B BB02A BB02B BC50A BC50B BC59A BC59B
BC60A BC60B BC66A BC66B BC75A BC75B CC32 FB05
5H018 AA06 AS03 EE02 EE03 EE05 HH05
5H026 AA06 EE02 EE05 HH05