

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6521369号  
(P6521369)

(45) 発行日 令和1年5月29日(2019.5.29)

(24) 登録日 令和1年5月10日(2019.5.10)

(51) Int.Cl. F 1  
**B 2 1 J 13/02 (2006.01)**  
 B 2 1 J 13/02 A  
 B 2 1 J 13/02 L

請求項の数 2 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-96235 (P2015-96235)                  (22) 出願日 平成27年5月11日(2015.5.11)                  (65) 公開番号 特開2016-209908 (P2016-209908A)                  (43) 公開日 平成28年12月15日(2016.12.15)                  審査請求日 平成30年4月12日(2018.4.12)</p>	<p>(73) 特許権者 000005083                  日立金属株式会社                  東京都港区港南一丁目2番70号                  (72) 発明者 佐々木 昇平                  島根県安来市安来町2107番地2 日立                  金属株式会社 安来工場内                  (72) 発明者 松本 英樹                  島根県安来市安来町2107番地2 日立                  金属株式会社 安来工場内                  審査官 石田 宏之</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱間鍛造用金型

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の金型片が接合されて一体に構成された金型片の組立て体が基材金型内に入子型として装着されるタービンブレード用の熱間鍛造用金型であって、

前記熱間鍛造用金型は前記タービンブレード形状の型彫り面を備え、

前記型彫り面は前記複数の金型片で構成され、

前記タービンブレード形状の型彫り面を上方向から見たとき、前記複数の金型片の分割線が前記タービンブレード形状の型彫り面内の長手方向に対して斜めとなるように、前記複数の金型片が接合されていることを特徴とする熱間鍛造用金型。

【請求項2】

前記金型片および基材金型の少なくとも1つは作業面側にNi基超耐熱合金層が被覆されていることを特徴とする請求項1に記載の熱間鍛造用金型。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の金型片を組み合わせて一体に構成された熱間鍛造用金型に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、蒸気タービンの高効率化の要請により、蒸気タービンに用いられるタービンブレード

ードも長尺化してきている。約1500mmを超える長尺のブレード素材を製造する場合には、素材を上型と下型の間挟み込んで、大型のプレス鍛造でブレード素材に成形する方法が主流である。例えば、特開平4-46651号公報(特許文献1)には三次元形状をした型彫り面を有する上金型および下金型の打撃面を互いに型合わせして構成された三次元形状に挟まれたキャビティーを用いて鍛造を行うタービンブレードの製造方法の発明が開示されている。ここに開示されている上金型及び下金型は、1つの金属材料で一体物で構成されている(例えば、特許文献1の図2及び図4参照)。

これに対して、大型のタービンブレード用に最適な熱間鍛造用金型として、本願出願人の提案による特開2014-208379号公報(特許文献2)の提案がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平4-46651号公報

【特許文献2】特開2014-208379号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

前述の特許文献のうち、特許文献2の発明は、特許文献1では解決することが困難な大型の熱間鍛造用金型の所望の箇所に任意の肉盛層を形成することを容易とすることができるものである。また、分割可能な熱間鍛造用金型とすることで、一体物の熱間鍛造用金型の一部に割れ等の修復不能な欠陥が生じた場合には、熱間鍛造用金型の一部を交換することもでき、大型の鍛造材を得るための熱間鍛造用金型としては優れたものである。

前述した通り、特許文献2では割れ等の不具合が生じた場合にはその部分の金型片を取り換えることが容易であるが、割れの発生自体をより確実に防止することができれば、大型のタービンブレード用の熱間鍛造用金型としては更に好適なものとすることができる。

本発明の目的は、大型のタービンブレード用鍛造材を製造する場合であっても、それに用いる熱間鍛造用金型の割れをより確実に防止することが可能な熱間鍛造用金型を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明者は、前記の特許文献2で開示される発明を元に、大型のタービンブレード用の鍛造材を得るためにより好適な熱間鍛造用金型とするために種々の金型形状を検討した結果、熱間鍛造時に熱間鍛造用金型に加わるスラスト荷重の方向に金型片を分割することで熱間鍛造用金型全体に加わる応力を低減させることが可能となることを知見し、本発明に到達した。

すなわち本発明は、複数の金型片が接合されて一体に構成された金型片の組立て体が基材金型内に入り型として装着されるタービンブレード用の熱間鍛造用金型であって、前記熱間鍛造用金型は前記タービンブレード形状の型彫り面を備え、前記型彫り面は前記複数の金型片で構成され、前記型彫り面が型彫り面内の長手方向に対して斜めに分割されるように、前記複数の金型片が接合されている熱間鍛造用金型である。

好ましくは、前記金型片および基材金型の少なくとも1つは作業面側にNi基超耐熱合金層が被覆されている熱間鍛造用金型である。

【発明の効果】

【0006】

本発明の熱間鍛造用金型を用いれば、例えば長尺のタービンブレードを製造する場合に、より確実に熱間鍛造用金型の割れ等の不具合を防止することが可能となり、熱間鍛造用金型の寿命も向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の熱間鍛造用金型に用いられる金型片の組立て体の一例を示す模式図であ

10

20

30

40

50

る。

【図2】本発明の熱間鍛造用金型に用いられる金型片の組立て体の別な一例を示す模式図である。

【図3】本発明の熱間鍛造用金型に用いられる金型片の組立て体の別な一例を示す模式図である。

【図4】本発明の熱間鍛造用金型に用いられる金型片の組立て体の別な一例を示す模式図である。

【図5】本発明の熱間鍛造用金型に用いられる金型片の組立て体の別な一例を示す模式図である。

【図6】本発明の熱間鍛造用金型に用いられる金型片の組立て体の別な一例を示す模式図である。

【図7】本発明の一例を示す熱間鍛造用金型の模式図である。

【図8】本発明の一例を示す熱間鍛造用金型の型彫り面側から見た模式図である。

【図9】本発明の熱間鍛造用金型の空隙部周辺の断面模式図である。

【図10】熱間鍛造用金型に加わる引張応力の分布を示すシミュレーション結果の図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

本発明を図面を用いて説明する。ただし、本発明は、以下に説明する形態によって限定されるものではない。また、本発明で言う「熱間鍛造」とは、熱間や恒温でのプレス鍛造及びホットダイ鍛造も含むものである。

図1から図6は、本発明の熱間鍛造用金型に用いられる金型片の組立て体の一例を示す模式図であり、図7は基材金型3内に前記金型片の組立て体を備えた熱間鍛造用金型の一例を示す模式図である。この熱間鍛造用金型1の作業面にはタービンプレード形状の型彫り面4を備えている。

本発明のタービンプレード用の熱間鍛造用金型1は、複数の金型片2を接合して一体に構成された金型片の組立て体が基材金型3内に入り型として装着される。熱間鍛造用金型1はタービンプレード形状の型彫り面4を備えている。図1に示す熱間鍛造用金型1は下型に用いられるものである。熱間鍛造によって所望のタービンプレード用素材形状とするためには、型彫り面を備えた上型を用いて、下型と上型とで押圧してタービンプレード用素材形状とする。

【0009】

本発明では、型彫り面は複数の金型片の組立て体によって構成されており、その型彫り面が型彫り面内の長手方向に対して斜めに分割されるように、複数の金型片が接合されている。本発明において「型彫り面内の長手方向」とは、熱間鍛造用金型1の型彫り面4を上方向から見た図8に破線で示す方向を言い、タービンプレード用素材の長手方向と同方向となる。そして、図8に示すA線は金型片の分割線の一例を示している。この金型片の分割線は型彫り面内の長手方向に対して斜めとなっている。なお、本発明で言う「長手方向に対して斜め」とは、型彫り面内の長手方向に直交する仮想分割線(B線)以外の関係を持って分割するものである。

ところで、熱間鍛造で成形するタービンプレード用素材は根部方向から翼部方向にかけて徐々に捻じれた形状を有するものである。そのため、タービンプレード用素材に成形する熱間鍛造用金型には、熱間鍛造時にその捻じれた形状に沿ってスラスト荷重が加わる。そのため、前記のスラスト荷重が加わる方向の中で、大きなスラスト荷重の方向に分割するように金型片を備えることで、各金型片に加わる応力を低減させることができるものである。

【0010】

本発明では、前述のように大きなスラスト荷重が加わる方向に沿うように分割された金型片を備えるものである。タービンプレード用素材は複雑な形状であるため、例えば、1の傾きを持つ方向に分割しても良いし、2の傾きを持つ方向に分割しても良い。また

10

20

30

40

50

、分割する角度（図8の 1または 2）は、おおよそ20～60°の角度であることが好ましく、分割する方向、角度は、例えば、シミュレーション等を行って決定すると良い。

図1に示す金型片2の組立て体は、型彫り面4がおおよそ20～60°の範囲の角度をもって、分割されている。この形状によればスラスト荷重による応力を緩和することができ、熱間鍛造用金型の破壊を防止することが出来る。図2に示す金型片2の組立て体は、更に金型片2の高さ方向に関しても斜めに分割されている。この構造とすることで金型片2同士の接触面積を大きくすることで、熱間鍛造時の面圧を軽減することが出来る。そのため、大きな鍛造荷重の熱間鍛造用金型として有利である。図3に示す金型片2の組立て体は、スラスト荷重の加わる方向と位置に応じて、金型片2を3つ以上に分割したものである。大きなスラストと荷重が加わる位置が複数個所に存在する場合には、金型片2を3つ以上に分割することも可能である。また、3つ以上に分割すると、1つの金型片の大きさが小さくなるため、熱間鍛造用金型の打撃面に対して、容易に肉盛溶接を行うことが可能となる。図4に示すように、金型片2の高さ方向において分割面の途中に段差部15を設けてもよい。段差部を設ける時には、両側に空隙部12を設ける事で、隅部14への応力集中を防止することが出来る。なお、本発明では図5や図6に示すように、必ずしも金型片2を打撃面側から底面側まで分割する必要はなく、角部13と隅部14が形成される場合は、空隙部12を同時に設けて、隅部14の応力集中を緩和されることが、望ましい。

上述した図1～図6に示した、金型片の組立て体を図7に示す基材金型3内に入子型として装着することで、熱間鍛造用金型1とすることが出来る。

#### 【0011】

また、本発明では、金型片の高さ方向において段差部を設ける時、図9に示すように、金型片2の角部13の先端に面取り部11を形成して金型片2同士が接触する場所の一部に空隙部12を備えても良い。この空隙部12を備えることにより、金型片に加わる応力をより一層緩和させることができる。特に、最大荷重が1万トン以上の熱間鍛造により、大型の鍛造品を製造する場合には、空隙部12をもたない角部13と隅部14との組み合わせでは、隅部を有する側の金型片2が破壊する場合がある。そのため、本発明では金型片2の破壊を防止するために、空隙部12を備えて金型片2に加わる応力を低減させると良い。

具体的な代表例を示すと、図9に示すように角部13を有する第1の金型片（金型片A）と、前記角部13に対応する隅部14を有する第2の金型片（金型片B）との接合部に、前記面取り部11によって構成された空隙部12を有するものである。なお、本発明で言う「角部」は突状の角部のことであり、面取りして面取り部が形成される。また、「隅部」は、図9に示すように、面取り部11を有する角部13が嵌め合される凹状の部位（隅部14）を言う。

#### 【0012】

面取り部は平面状であっても曲面状であっても良い。勿論、平面と曲面との組み合わせでも良い。また、第2の金型片（金型片B）の隅部14の形状も平面状、曲面状、またはその組み合わせであっても良い。なお、特に好ましい隅部14の形状は曲面状である。これは、曲面とする方が熱間鍛造時に第2の金型片（金型片B）の隅部14に加わる応力が低減できるためである。

本発明者の検討によれば、隅部14の曲面は半径が10mm以上であれば、数万トン規模の熱間鍛造を行ったときでも第2の金型片（金型片B）の破壊を抑制する効果が大きい。また、この場合、面取り部11の形状も曲面とし、隅部14の曲面の半径よりも大きくすることが好ましい。

なお、本発明の空隙部12は、金型片2同士を嵌め合せたときの寸法差を超えるものである。例えば、図9にL、Mとして示すのは、空隙部の高さ方向Lと幅方向Mの長さであり、空隙部の高さLはおおよそ10～60mmとし、幅Mはおおよそ10～60mmとすると良い。面取り部11と隅部14とで構成される空隙部12の高さと幅は、熱間鍛造時

に隅部 1 4 周辺に加わる応力の低減効果と、第 1 の金型片（金型片 A）と第 2 の金型片（金型片 B）との締め付け力を勘案して決定すると良い。なお、隅部にアールを形成する場合には、空隙部の高さと幅は、直線部とアール部の接点と規定する。

また、隅部 1 4 のアールの半径は 1 5 mm 以上であることが好ましい。これは、隅部周辺に加わる引張応力を低減させる効果が大きいためである。好ましくは 1 6 mm ~ 2 6 mm である。このとき、この隅部に対応する角部の面取りは、この隅部のアール半径以上の面取りとする。

【 0 0 1 3 】

ここで、面取り部によって構成された空隙部との関係により、引張応力の変化をシミュレーションした結果を示す。用いたシミュレーションソフトは市販の有限要素法によるものである。また、第一の金型片と第二の金型片に形成された面取り部形状と隅部の形状は図 1 0 に示す形状とし、隅部に発生する最大引張応力と隅部半径の関係を表 1 及び図 1 0 に示す。

10

空隙部が形成されない構造では、隅部に発生する最大引張応力は 1 5 0 0 M P a を超えるのに対し、空隙部を有する形状では、1 5 0 0 M P a 以下となった。また、隅部の半径を 1 5 mm 以上にすることで、最大引張応力は 1 1 0 0 M P a 以下を示した。

この結果から、面取り部によって構成された空隙部の有無により、金型片に加わる応力が大きく異なることが分かる。また、隅部に形成するアールについても、1 5 mm 以上で応力が大幅に低減できることが分かる。これにより、空隙部の形成によって、熱間鍛造用金型の割れの発生をより確実に防止できることが分かる。

20

【 0 0 1 4 】

【表 1】

隅部半径 (mm)	R0	R10	R20	R30	R50
最大引張応力 (MPa)	1508	1455	876	1082	1074

【 0 0 1 5 】

また、本発明においては、基材金型 3 と金型片 2 とを異種金属にすることも可能である。例えば、基材金型 3 を比較的安価な合金工具鋼として作製し、金型片 2 を N i 基超耐熱合金にすることもできる。合金工具鋼の中でも、熱間金型用鋼は高温での強度に優れているため好ましい。

30

このような組み合わせの例としては、作業面（型彫り面）の全面を N i 基超耐熱合金とすることも可能であるし、または、熱間鍛造時に他より大きな応力が加わる場所や熱間鍛造時に高温に晒される場所の入子型を N i 基超耐熱合金金型片とし、別の金型片の少なくとも 1 つを熱間金型用鋼とすることもできる。前者（作業面の全面を N i 基超耐熱合金とする）の構造によれば、作業面全面を高強度化することができるという利点がある。しかも、N i 基超耐熱合金で一体物の熱間鍛造用金型を作製する場合と比較して、経済的である。また、後者の場合は、熱間鍛造時における熱間鍛造用金型の耐摩耗性や耐熱性が特に求められる場所に、N i 基超耐熱合金を有する金型片を配置すれば、金型の寿命を向上させると共に、より安価な熱間金型用鋼を用いるため経済的であり、特に好ましい。

40

【 0 0 1 6 】

また、本発明の熱間鍛造用金型は複数個の金型片で構成されるため、例えば、前記の N i 基超耐熱合金を金型片として用いる際に、固溶化処理と時効処理を行って、高強度化はかれ、より一層、耐摩耗性や耐熱性が高まって金型の寿命を向上させることができる。特に、数万トン規模の大型鍛造製品を熱間鍛造で製造する場合には、熱間鍛造用金型自体が大型化しているため、金型全体を固溶化処理と時効処理を行うには、その熱処理炉も大型のものを準備する必要がある。また、N i 基超耐熱合金の固溶化処理温度を合金工具鋼

50

に適用してしまうと、合金工具鋼が軟化してしまう。本発明の場合、異種金属を用いても個別に最適な熱処理を行って、合金の有する特性を最大限発揮できる熱処理を適用することができる。

#### 【0017】

本発明においては、摩耗が激しい型彫り面4にNi基超耐熱合金層を被覆しても良い。型彫り面4へのNi基超耐熱合金層の被覆は、耐摩耗性を向上させると共に、型彫り面の保熱効果が期待できる。なお、Ni超耐熱合金層の被覆方法としては、例えば、肉盛溶接を用いることで、Ni超耐熱合金層を任意の厚さに調整できるため、特に好ましい。

また、本発明では、金型片を個別に用意するため、特に大型の製品を熱間鍛造する際の金型製作費用を低減できる。例えば、大型のタービンブレード材の熱間鍛造への適用は有効である。

10

#### 【0018】

なお、前記の合金工具鋼鋼材とは、例えば、JIS-G4404で規定されるものであれば良い。中でも熱間での使用には典型的な成分範囲を示すと、質量%で、C:0.25~0.5%、N:0を超えて0.03%以下、Si:0を超えて1.2%以下、Mn:0を超えて0.9%以下、Al:0~0.5%、P:0~0.03%、S:0~0.01%、V:0~2.1%、Cr:0.8~5.5%、Ni:0~4.3%、Cu:0~0.3%、Mo:0~3.0%、W:0~9.5%、Co:0~4.5%を含み、残部はFe及び不純物となる合金が好適である。

また、本発明で言うNi基超耐熱合金とは、例えば、UDIMET520相当合金(UDIMETはSpecial Metals社の登録商標)、Udimet720相当合金、Waspaloy相当合金、Alloy718相当合金等、Al、Ti、Nb等の金属間化合物を析出強化可能なNiを主成分とする合金を言う。

20

#### 【0019】

そして、本発明では、前述した金型片が焼嵌めによって基材金型内に装着されることが好ましい。焼嵌めで金型片と基材金型とを一体化すると強固に一体化できるためである。

以上説明する本発明の熱間鍛造用金型を用いれば、歩留りの高い金型製造が可能となり、所望の表面形態を有する熱間鍛造材が得られ、品質も安定化することができる。また、鍛造の加圧力の応力集中部を含む場所に高強度の材質の金型片を設けて置けば、熱間鍛造時の金型の割れ等の問題を防止することが可能である。

30

また、用いる金型片の作業面側にNi基超耐熱合金層を形成すると、更に金型の寿命を向上させることができる。また、金型片ごとにNi基超耐熱合金層を形成することが可能であるため、Ni基超耐熱合金層を形成する肉盛溶接機を特別に大型化することもないため、経済的である。

本発明の熱間鍛造用金型は、大型のタービンブレード用鍛造材を製造する場合であっても、それに用いる熱間鍛造用金型の割れをより確実に防止することが可能となる。

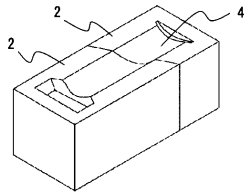
#### 【符号の説明】

#### 【0020】

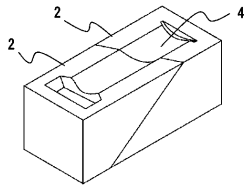
- 1 熱間鍛造用金型
- 2 金型片
- 3 基材金型
- 4 型彫り面
  - 1 1 面取り部
  - 1 2 空隙部
  - 1 3 角部
  - 1 4 隅部
  - 1 5 段差部

40

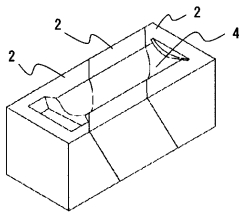
【図1】



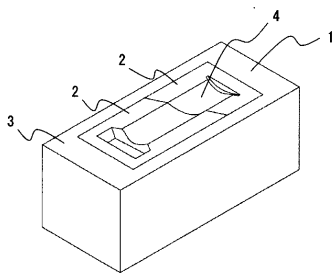
【図2】



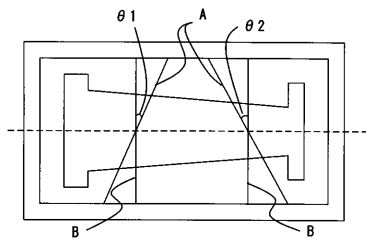
【図3】



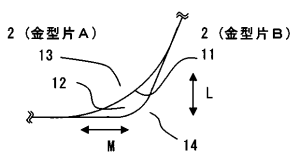
【図7】



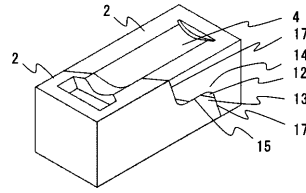
【図8】



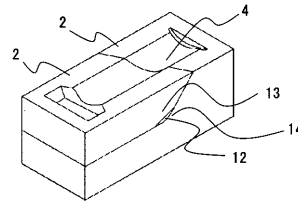
【図9】



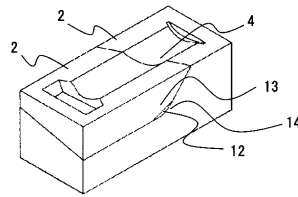
【図4】



【図5】



【図6】



【図10】

隅部半径	応力分布	隅部半径	応力分布
R0	<p>Stress - Max principal (MPa)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A = -800</li> <li>B = -800</li> <li>C = -800</li> <li>D = -800</li> <li>E = -800</li> <li>F = -800</li> <li>G = -800</li> <li>H = -800</li> <li>I = -800</li> <li>J = -800</li> <li>K = -800</li> <li>L = -800</li> <li>M = -800</li> <li>N = -800</li> <li>O = -800</li> <li>P = -800</li> <li>Q = -800</li> </ul>	<p>Stress - Max principal (MPa)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A = -800</li> <li>B = -800</li> <li>C = -800</li> <li>D = -800</li> <li>E = -800</li> <li>F = -800</li> <li>G = -800</li> <li>H = -800</li> <li>I = -800</li> <li>J = -800</li> <li>K = -800</li> <li>L = -800</li> <li>M = -800</li> <li>N = -800</li> <li>O = -800</li> <li>P = -800</li> <li>Q = -800</li> </ul>	
R10	<p>Stress - Max principal (MPa)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A = -800</li> <li>B = -800</li> <li>C = -800</li> <li>D = -800</li> <li>E = -800</li> <li>F = -800</li> <li>G = -800</li> <li>H = -800</li> <li>I = -800</li> <li>J = -800</li> <li>K = -800</li> <li>L = -800</li> <li>M = -800</li> <li>N = -800</li> <li>O = -800</li> <li>P = -800</li> <li>Q = -800</li> </ul>	<p>Stress - Max principal (MPa)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A = -800</li> <li>B = -800</li> <li>C = -800</li> <li>D = -800</li> <li>E = -800</li> <li>F = -800</li> <li>G = -800</li> <li>H = -800</li> <li>I = -800</li> <li>J = -800</li> <li>K = -800</li> <li>L = -800</li> <li>M = -800</li> <li>N = -800</li> <li>O = -800</li> <li>P = -800</li> <li>Q = -800</li> </ul>	
R20	<p>Stress - Max principal (MPa)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A = -800</li> <li>B = -800</li> <li>C = -800</li> <li>D = -800</li> <li>E = -800</li> <li>F = -800</li> <li>G = -800</li> <li>H = -800</li> <li>I = -800</li> <li>J = -800</li> <li>K = -800</li> <li>L = -800</li> <li>M = -800</li> <li>N = -800</li> <li>O = -800</li> <li>P = -800</li> <li>Q = -800</li> </ul>		

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-208379(JP,A)  
特開昭58-006744(JP,A)  
特開昭62-003845(JP,A)  
特開昭59-001043(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0061438(US,A1)  
特開2003-094474(JP,A)  
特開2014-231074(JP,A)  
米国特許第05592847(US,A)  
特表2010-532715(JP,A)  
米国特許第5950481(US,A)  
韓国公開特許第10-2011-0038774(KR,A)  
米国特許出願公開第2004/0139781(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21J 13/02