

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3929033号

(P3929033)

(45) 発行日 平成19年6月13日(2007.6.13)

(24) 登録日 平成19年3月16日(2007.3.16)

(51) Int. Cl.			F I		
B 2 1 J	5/00	(2006.01)	B 2 1 J	5/00	D
B 2 1 J	13/02	(2006.01)	B 2 1 J	13/02	A
C 2 2 C	23/02	(2006.01)	C 2 2 C	23/02	
C 2 2 F	1/00	(2006.01)	C 2 2 F	1/00	6 3 0 K
C 2 2 F	1/06	(2006.01)	C 2 2 F	1/00	6 9 4 A

請求項の数 4 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-122071 (P2002-122071)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成14年4月24日(2002.4.24)		松下電器産業株式会社
(65) 公開番号	特開2003-311360 (P2003-311360A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成15年11月5日(2003.11.5)	(73) 特許権者	591212523
審査請求日	平成17年4月22日(2005.4.22)		東 健司
			大阪府大阪狭山市狭山2丁目974番地の124
		(74) 代理人	100072431
			弁理士 石井 和郎
		(74) 代理人	100117972
			弁理士 河崎 真一
		(72) 発明者	東 健司
			大阪府富田林市寺池台3-4-9

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マグネシウム合金部品とその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

1.5～9.5重量%のアルミニウム、0.5～1.5重量%の亜鉛、および残部マグネシウムからなるマグネシウム合金を板形状に押出すことにより形成された、平均結晶粒径が1～10μmの等軸晶の組織からなる平均板厚0.3～2mmのマグネシウム合金板に、200～300の温度域における前記合金の超塑性現象を利用して、ほぼ垂直方向に荷重をかける成形を施すことにより、突起またはくぼみを有する立体形状に加工することを特徴とするマグネシウム合金部品の製造方法。

【請求項2】

前記成形を施す工程が、 $1 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ の歪み速度域において実施される請求項1記載のマグネシウム合金部品の製造方法。

【請求項3】

板形状に押出すことにより形成された、アルミニウム含量が1.5～9.5重量%、亜鉛含量が0.5～1.5重量%、残部がマグネシウムであり、平均結晶粒径が10μm以下の等軸晶の組織からなる平均板厚2mm以下のマグネシウム合金板からなり、平面部上に突起またはくぼみをもつ立体形状を有するマグネシウム合金部品であって、平面部から突起またはくぼみ部分へ材料が流入した痕跡が見られ、立体部の平均結晶粒径が平面部の平均結晶粒径よりも小さいマグネシウム合金部品。

【請求項4】

前記マグネシウム合金部品が、常温における引張強度が280MPa以上であり、伸び

10

20

が20%以上である請求項3記載のマグネシウム合金部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、家電製品などに用いられるマグネシウム合金製の部品に関するもので、特に薄肉でかつ複雑な立体形状を有する部品とその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、大量に生産されている家電製品において、地球環境保護対策の一つである部材のリサイクルの観点から、従来の樹脂材料に代えて金属材料を用いることが注目されている。樹脂のリサイクル率が20%程度であるのに対し、金属は90%以上リサイクルが可能であるためである。

10

金属材料の中で、特にマグネシウム合金は、他の金属と比較しても軽量、高強度で、振動減衰性や加工性にも優れ、かつ比較的融点であることから、リサイクルエネルギーも少なく済むという特徴を有している。したがって、家電製品、事務機器、通信機器、その他各種機器のキャビネットなどの外装部品やシャーシなどに広く利用されようとしている。

【0003】

従来、マグネシウム合金を材料とする部品は、一般に完全に溶融した合金を金型内に高速で流し込み、高圧で型内で凝固させるダイカスト法が多く用いられてきた。また、近年は、せん断力を与えた半溶融合金を金型内に射出するチクソモールディング法も実用化され、家電製品や携帯機器などへの適用が進んでいる。これらの鑄造法に替わるマグネシウム合金部品の製造方法として、圧延板材を温間で絞るプレス成形や、立体形状を鍛造するプレスフォーミング（特開平11-077214号公報、特開平11-277173号公報、特開2000-135538号公報、特開2000-210747号公報、特開2000-246386号公報）などの方法もMDプレーヤのキャビネットで実用化されている。

20

【0004】

しかしながら、ダイカスト法やチクソモールディング法は、生産設備が高価であり、かつ金型内で成形の際に湯道などに満たされる不要部分が大量に発生し材料歩留まりが悪いという問題がある。また、溶融した金属を金型内で凝固させ金型の外へ取り出すまで、冷やすのに時間がかかり、生産タクトの短縮は20秒ぐらいまでが限界である。さらに、鑄造法は、成形時に気泡の巻き込み等により内部に巣が発生したり、湯流れの合流点で湯境と呼ばれる成形品表面の亀裂が生じたりするなどの欠陥が生じやすい。特に、外装部品などに用いる場合、これらの欠陥を修復する必要があり、製品歩留まりが低いという問題を抱えている。鑄造材は、圧延や押し出し、鍛造のような内部組織を改変するような大きな変形が加えられることがなく、また内部欠陥も多いため、一般に引張強度や降伏応力などの機械的性質が展伸材に比べて劣る。

30

【0005】

さらに、鑄造法は、空隙型内に溶融金属を流し込むが、金属の凝固時間がその成形肉厚の2乗に比例するため、薄肉の場合数ミリ秒という短時間に充填を完了しなければならない。そのため、0.5mm以下の薄肉成形は非常に難しい。特に、流動長と肉厚の比が150を超えるような流動長比率の大きなものは、安定した成形ができないと考えられる。この比率から考えると、肉厚0.5mmの成形品は長さ75mm程度が限界である。以上は、マグネシウム合金部品の鑄造法の問題点について述べたものである。

40

【0006】

次に、プレスによる塑性加工法の抱える問題点について述べる。

マグネシウム合金は、一般にアルミニウム合金や鉄系材料に比べて延性に乏しいため、曲げやせん断力をかけると破断してしまう。そのため、マグネシウム合金を素材とする曲げや絞りなどの塑性加工はあまり実用化されていない。金属の延性を示す物性値とされてい

50

る「伸び」の数値を比較した場合、アルミニウム合金では35%以上を示すものもあるが、マグネシウム合金では鋳造材(ASTM規格のAZ91合金)で3%、展伸材(ASTM規格のAZ31合金)で10%程度、リチウムを多く含む特殊な材料(ASTM規格のLA141合金)で22%である。

【0007】

リチウムを多く含むマグネシウム合金は、延性に富み、常温に近い温度で曲げや絞りなどのプレス加工ができる。しかし、素材を真空炉中で製造する必要性から非常に高価である上に、大気雰囲気中でも耐食性に劣り数日で表面が茶褐色に変色してしまう。このような理由から、今日現在ではこの合金を素材とした部品が工業的に生産された例はない。

一方、ASTM規格のAZ31合金やAZ21合金などのアルミニウム含有量の少ない展伸用マグネシウム合金は、マグネシウム-リチウム合金に比べて耐食性に優れ、さらにそれぞれの合金に応じた防錆処理により、代表的な鋳造用材料である同系のAZ91合金と同等の耐食性が得られる。

現在、AZ31合金は、プレスによる温間絞りやプレスフォーミングによって家電製品の外装部品の製造で実用化されている。しかしながら、絞り成形では、部品に他の部品との締結や位置決めのためのボスやリブ、製品外観に求められるデザインとしての凹凸などを成形することができないという問題点がある。金属板材の絞りという製造方法は設計の自由度を大きく制約してしまう。

【0008】

次に、プレスフォーミングについて述べる。

プレスフォーミングは、材料として比較的伸びの良い展伸材であるASTM規格のAZ31合金などを素材とし、加工温度が350~550と非常に高温で、かつ鍛造速度が1~500mm/秒と非常に速い条件下で行われる(特開平11-77214号公報)。そして、おおよそ80mm角で高さ5mm程度のMDプレーヤ用キャビネットを成形するのに、製品肉厚が1mmのとき600ton、肉厚が0.5mmのときは1000tonのプレス荷重が必要であり、非常に大きな能力を持つ生産設備が必要である(特開平11-77214号公報)。

さらに高精度な形状を有する部品や所定の記号を突出させる場合には、このような熱間鍛造工程を粗鍛造工程と仕上げ鍛造工程の2工程以上に分けなければならない(特開平11-277173号公報、特開2000-246386号公報)という問題点があった。また、この製造方法で成形された品物の結晶粒径は、10~300 μ mである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、このような従来技術の問題点を鑑み、設計の自由度が高い複雑な立体形状を有するも内部および表面の欠陥が少なく、機械的強度および耐食性に優れたマグネシウム合金部品を提供することを目的とする。

本発明は、また、比較的小さなプレス設備で、比較的低温において実施できる、生産性に優れたマグネシウム合金部品の製造方法を提供することを目的とする

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明は、1.5~9.5重量%のアルミニウム、0.5~1.5重量%の亜鉛、および残部マグネシウムからなるマグネシウム合金を板形状に押出すことにより形成された、平均結晶粒径が1~10 μ mの等軸晶の組織からなる平均板厚0.3~2mmのマグネシウム合金板に、200~300の温度域における前記合金の超塑性現象を利用して、ほぼ垂直方向に荷重をかける成形を施すことにより、突起またはくぼみを有する立体形状に加工することを特徴とするマグネシウム合金部品の製造方法に関する。

【0011】

超塑性現象を利用して成形されたマグネシウム合金部品は、立体形状部分の断面を鏡面加工すると、平面板部分から立体部分へ材料が流入した痕跡が見られ、立体部分の平均結晶粒径は平面板部分の平均結晶粒径よりも小さいという特徴も備えている。

10

20

30

40

50

また、機械的特性として、引張強度が280MPa以上、伸びが20%以上である。
本発明によれば、平均板厚が0.5mm以下の薄肉のマグネシウム合金部品をも実現できる。

【0012】

【発明の実施の形態】

本発明は、微細粒組織を有するマグネシウム合金板を超塑性現象を利用してプレス成形することにより、突起および/またはくぼみをもつ複雑な立体形状を有するマグネシウム合金部品を得るものである。

超塑性とは、微細結晶組織を持つマグネシウム合金がある一定の範囲の温度域でかつある一定の歪速度で歪を与えられたときに、数百パーセントにも及ぶ非常に大きな伸びを示す現象であり、一般に超塑性を示す領域では、流動応力の歪速度感受性が高い。したがって、歪速度すなわち加工速度を少し遅くすることによって、かなり流動応力を下げることができ、より小さな力で塑性変形を起こすことができるようになる。

10

【0013】

マグネシウム合金の超塑性現象に関し、流動応力の歪速度感受性を表す以下の構成方程式(1)が知られている。

$$\dot{\epsilon} = A \cdot (b/d)^2 \cdot (\dot{\epsilon}/G)^2 \cdot D \quad (1)$$

ここで、 $\dot{\epsilon}$ はひずみ速度、 d は平均結晶粒径、 b はパーガス・ベクトルの大きさ(定数)、 $\dot{\epsilon}$ は流動応力、 G は剛性率、 A は定数、 D は振動数項である。

構成方程式(1)によれば、流動応力は粒径 d の逆数に比例し、歪速度 $\dot{\epsilon}$ の平方根に比例する。

20

図4に、歪速度と250における流動応力の関係を示す。 a はマグネシウム合金の結晶粒径が1 μ mの場合、 b は結晶粒径が10 μ mの場合である。

結晶粒径1 μ mの場合、歪速度が0.1 s^{-1} という比較的高速変形領域であっても超塑性が発現し、歪速度の低下とともに流動応力が小さくなることが予測できる。

【0014】

本発明は、1.5~9.5重量%のアルミニウム、0.5~1.5重量%の亜鉛、および残部マグネシウムからなり、平均結晶粒径が1~10 μ mの等軸晶の組織からなる平均板厚0.3~2mmのマグネシウム合金板に、200~300の温度域において、ほぼ垂直方向に荷重をかける成形を施すことにより、超塑性現象を利用して、実用的に低いプレス圧力で、かつ高速で、突起またはくぼみを有する立体形状に加工できることを見いだしたに基づいている。

30

【0015】

本発明では、ひずみ速度域 $1 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-1} s^{-1}$ において、流動応力域は9~300MPaとなる。例えば、従来のプレスフォーミング法によると、ASTM規格のAZ31合金素材を、成形荷重1000ton、成形温度400で成形加工することにより、突起を有する平均厚み0.9mm、大きさ80mm角のキャビネット部品が得られるとされている。本発明によると、成形荷重200ton未満、成形温度300において同等品を得ることができる。

本発明は、200~300という比較的低温において超塑性を発現させるので、金型の長寿命化を図ることができるとともに、潤滑剤として、安価で洗浄も容易で取り扱いやすいものを用いることができる。したがって、本発明によれば、生産性が高く、安価にマグネシウム合金部品を提供することができる。

40

【0016】

本発明に用いるマグネシウム合金素材は、1.5~9.5重量%のアルミニウム、0.5~1.5重量%の亜鉛、および残部マグネシウムからなるものであり、不可避免的な不純物を含む。例えば、ASTM規格のAZ91合金を用いることができる。AZ91合金は、従来プレス加工で実用化されているアルミニウム含有量が2.5~3.5質量%、亜鉛含有量が0.5~1.5質量%の合金よりもアルミニウム含有量が高く、耐食性に富むので、家電製品の外装部品として有効に利用できる。

50

【0017】

上記の合金素材は、通常粒径が $20\ \mu\text{m}$ 以上あり、微細粒の超塑性組織を有しないので、これを平均結晶粒 $10\ \mu\text{m}$ 以下の組織を有するように調製する。 $20\sim 50\ \mu\text{m}$ の平均結晶粒を有するピレットを $200\sim 250$ の温度において押し出し比 40 以上で押し出すと、動的再結晶という現象が起こり、平均結晶粒 $10\ \mu\text{m}$ 以下の組織を有する素材が得られる。E C A E (Equal Chamber Angular Extrusion)といわれる特に大きな歪みを与えることができる特殊な押し出しを行うと、サブミクロンレベルの微細化が可能である。微細組織を持つ素材を作る最も生産性の高い方法としては、圧延とその後再結晶を伴う熱処理を行う方法があり、 $5\ \mu\text{m}$ 程度の結晶粒組織をもつ材料が得られている。

【0018】

【実施例】

以下に、本発明を実施例により詳細に説明する。

素材には、アルミニウム含有量が約 9 重量%、亜鉛含有量が約 1 重量%、残部がマグネシウムの市販の鋳造用マグネシウム合金であるAZ91合金の丸棒を用いた。これを溶体化処理した。溶体化処理の適切な条件は、温度 $400\sim 450$ 、時間 $24\sim 72$ 時間である。本実施例では、 430 、 48 時間とした。次いで、温度 250 において、押し出し比 44 、押し出し速度 $0.2\ \text{mm/s}$ で、幅 $30\ \text{mm}$ 、厚み $1.4\ \text{mm}$ の矩形断面を持つダイスから板形状に押し出した。押し出した板材の平均結晶粒径は約 $3\ \mu\text{m}$ であった。

前記の式(1)に素材の平均結晶粒径 $3\ \mu\text{m}$ と温度 250 の条件を代入して各々の歪速度に対する流動応力の変化を求めると、歪速度 $0.1\ \text{s}^{-1}$ のとき応力は $150\ \text{MPa}$ 、歪速度 $0.01\ \text{s}^{-1}$ では $50\ \text{MPa}$ 、歪速度 $0.001\ \text{s}^{-1}$ では $18\ \text{MPa}$ まで低下することがわかった。

【0019】

この素材を使った実際の立体形状の成形は次のように行った。

図5は、板材にボスを成形する金型と油圧式プレス機の一部を示す。図5において、11はプレス機のボルスタを表す。このボルスタ11およびその上方に配置されたプレス機のスライド12は、それぞれヒータ13および14を備えている。下金型15と上金型18とは、コンテナ19内においてマグネシウム合金板10をその板面に垂直にプレスする。下金型15には、合金板10の下面に突出するボスを成形するための孔16を有する。この孔は、空気抜きのための孔17に連通している。コンテナ19には、金型の温度をフィードバック制御するための熱電対20がセットされている。

【0020】

金型をあらかじめ 250 まで加熱しておいて、そこにマグネシウム合金板10を挿入し、油圧プレス機で一定圧(被加工材にかかる面圧で $780\ \text{MPa}$ 程度)にて加圧していく。板の平面部の面積 $250\ \text{mm}^2$ に対し直径 $4\ \text{mm}$ のボスが立つような加工を施した。成形前の板材の厚みが $1.4\ \text{mm}$ で、板厚が元厚から $0.25\ \text{mm}$ 薄くなる、すなわち厚み $1.15\ \text{mm}$ まで、板全体を押し潰すように加圧すると、直径 $4\ \text{mm}$ のボスが $5\ \text{mm}$ ほどの高さまで成形できた。加工時間はおよそ 5 秒間であった。これを、ボスの隆起速度を歪速度に換算すると $0.01\sim 0.1\ \text{s}^{-1}$ である。

【0021】

比較のため、同じ条件で $5\ \text{mm}$ のボスを立てる成形をした場合、結晶粒径が $24\ \mu\text{m}$ のAZ91合金板では約 60 秒、粒径 $17\ \mu\text{m}$ のAZ31合金板では 20 秒近い時間を要した。

【0022】

次に、超塑性現象を利用した製造方法で作製された成形品の特徴について述べる。

平板部2に突起3を加工した成形品1の断面を鏡面加工し、適切なエッチングをして観察した組織の模式図を図1に示す。図左半分は、倍率 10^3 程度の光学顕微鏡で観察した金属組織を模式的に表している。右半分は拡大していない。図1に示すように、超塑性を利用して塑性加工された成形品は、等軸晶を保っているのが特徴である。一般に、圧延や引張り加工後の組織は、その力が加わった方向に長くなり、等軸晶ではなくなる。また、

10

20

30

40

50

ボス部の付け根に平板部からボス部に向かって材料が流れた痕跡（フローマーク）4が見られるのも特徴である。図1において、部位ごとに詳細に平均粒径を求めたものを図2および図3に示す。図2は、加工による歪が大きく生じた部分を表す。加工による歪が大きく生じた部分は、図3に示す歪の小さかった部分に比べて結晶粒径が小さくなっているのが特徴である。

上で示したような方法で、展伸材に塑性加工を施して作製された成形品は、もともと展伸材の機械的強度、例えばAZ31B-O合金であれば引張強度255MPaよりも高い引張強度を示す。また、伸びについても20%を超える。

【0023】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、設計の自由度が高い複雑な立体形状を有し、0.5mm程度以下の薄肉のマグネシウム合金部品を提供することができる。本発明によるマグネシウム合金部品は、内部および表面の欠陥が少なく、機械的強度および耐食性に優れる。また、本発明の製造方法によると、比較的小さなプレス設備で、200~300の比較的低温において加工することができるので、消費エネルギーを抑制するとともに、金型の長寿命化をはかれるなど、安価なマグネシウム合金部品を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による成形品の突起を有する部分を断面にして示す模式図である。

【図2】図1の成形品の歪みが大きく生じた部分の金属組織を示す写真である。

【図3】図1の成形品の歪みが小さい部分の金属組織を示す写真である。

【図4】超塑性の発現を示す流動応力図である。

【図5】本発明の実施例に用いた成形装置を示す一部を断面にした正面図である。

【符号の説明】

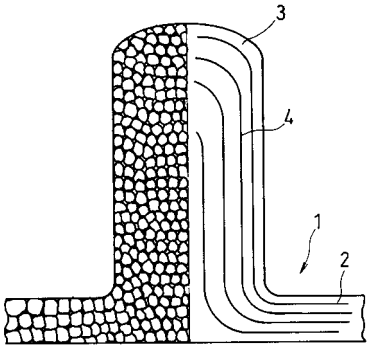
- 10 成形しようとするマグネシウム合金板
- 11 プレス機のボルスタ
- 12 プレス機のスライド
- 13、14 ヒータ
- 15 下金型
- 16 ボス形成用孔
- 17 空気抜き孔
- 18 上金型
- 19 コンテナ
- 20 熱電対

10

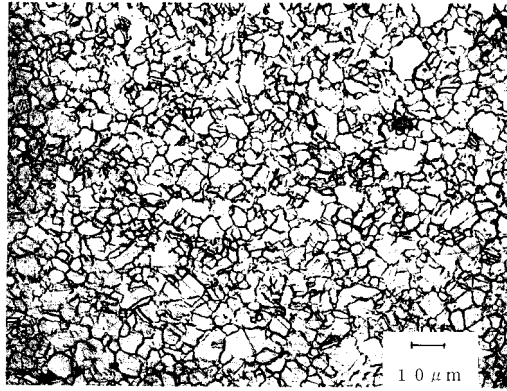
20

30

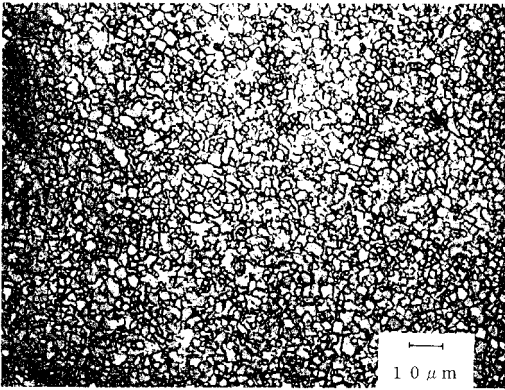
【 図 1 】



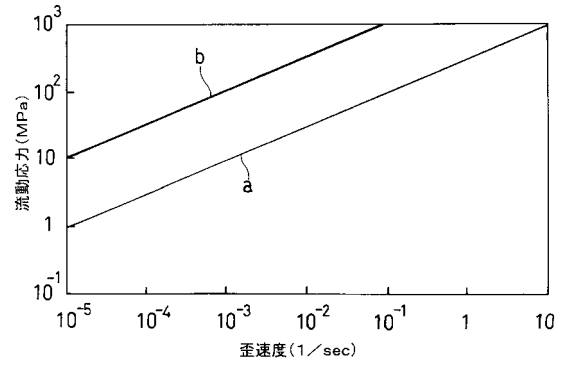
【 図 3 】



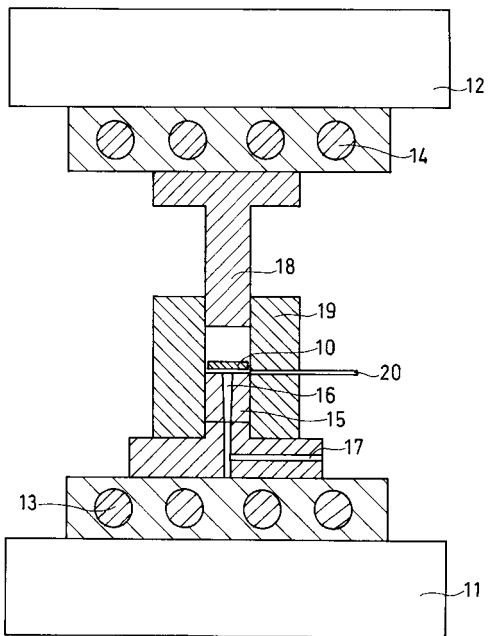
【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 2 2 F 1/00 6 9 4 B
C 2 2 F 1/06

(72)発明者 宝 晃
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
(72)発明者 西川 幸男
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
(72)発明者 山崎 幸一
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

審査官 小松 竜一

(56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 1 7 0 7 3 5 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 6 8 5 1 3 (J P , A)
特開平 0 6 - 0 5 5 2 3 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)
B21J 1/00-13/14