

ポーラス金属研究の新しい展開



中嶋 英雄*

Recent Development in Research of Porous Metals

Key Words : Porous Metals, Hydrogen, Solidification, Mechanical Property

1. はじめに

最近、既存の金属材料を多孔質化することにより、付加価値の高い機能性金属材料を開発しようとする研究が盛んに行われつつある。もし機械的強度に優れたポーラス金属を作製することができれば、軽量化構造材料あるいは医療材料として、また、多孔性、巨大表面を利用したフィルター、電極材料などへの広範な用途が開けてくる。本誌に以前、「ロータス形状ポーラスメタルの創製」と題する解説記事¹⁾を執筆したが、本稿では、レンコンのようなポーラス金属の製造方法や強度とその応用などについてのその後の研究展開を紹介する。

2. レンコン型ポーラス金属の作製法

ポーラス金属の作製原理は、熔融金属におけるガス原子の溶解度が大きく、その固体金属中での固溶度が小さい場合、凝固時に固溶しきれないガス原子が気泡(ポア)を形成することを利用している。これらのガス溶解度差を利用して、さらに、図1のように一方向凝固を行わせることで気泡(ポア)に方向性をもたせることができる。

実際に、水素雰囲気では、多くの金属合金をポーラス化することができる。図2に、水素0.3MPaの雰囲気下で作製したレンコン型ポーラスマグネシウムの鋳塊中の凝固方向に垂直な面と平行な面を示した。凝固方向に平行に伸びた円柱状のポアが、多数

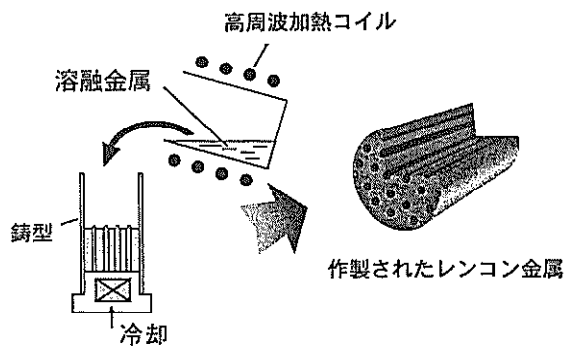


図1 レンコン型ポーラス金属の作製原理

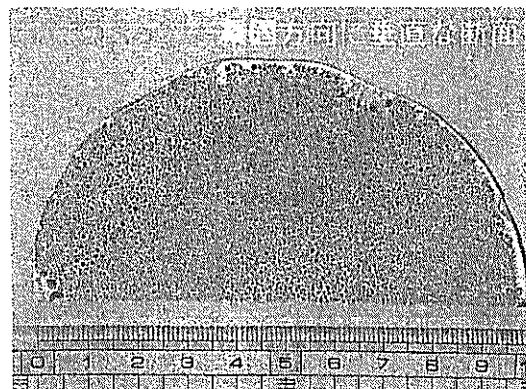
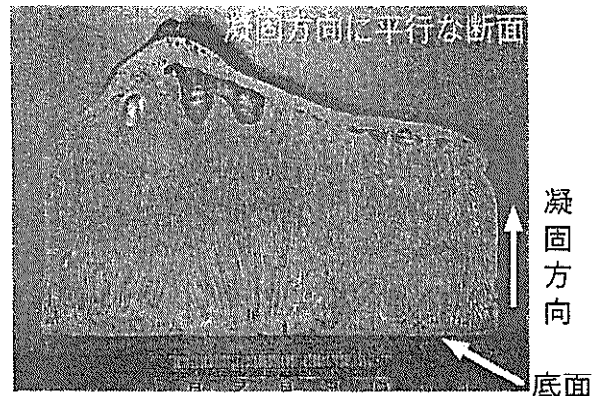


図2 レンコン型ポーラスマグネシウム



* Hideo NAKAJIMA
 1949年2月生
 現在、大阪大学産業科学研究所・金属材料プロセス研究分野、教授、工学博士、金属材料工学
 TEL 06-6879-8435
 FAX 06-6879-8439
 E-Mail hideo.nakajima@sanken.osaka-u.ac.jp

分散している。ポロシティは、水素ガスの圧力を変化させて制御することができる。水素ガス0.2MPaの雰囲気下で作製した場合はポロシティは50%を越え、密度は0.8g/cm³程度となり、水に浮かぶ鋳塊が得られた。

さらに、我々は最近、ポーラス金属の連続製造方法を新しく開発することに成功した。この方式は金属素材ロッドを部分的に加熱することによって部分溶融させ、連続的に凝固させると、溶融状態で吸収されたガスが凝固と共に過飽和状態になり気泡を形成するというものを利用している。この方法を用いれば、長尺の棒状や板状のポーラス金属を連続的に作る事ができる。図3には、この方法によって作製された長尺のレンコン型ポーラスステンレス鋼のロッドとその輪切り断面を示した。どこをとってもポロシティやポアサイズが均一であるということが大きな特徴である。

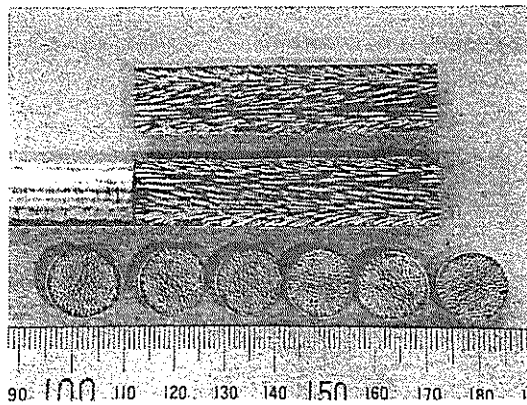


図3 連続帯溶融法で作製した長尺のレンコン型ポーラスステンレス鋼

3. レンコン型ポーラス金属の引張強度

レンコン型ポーラス金属中のポアは直線的であることが特徴であるが、このポアの向きと強度はどのような関係にあるかたいへん興味深い。そこで、レンコン銅の試験片をポアの成長方向と平行あるいは垂直になるように切り出し、引張強度の異方性を調べた。

降伏強度および引張強さとポロシティの関係を図4に示した。図4では、降伏強度と引張強さのデータ点は、ポロシティが100%のときに0MPaを表す点を通るそれぞれの直線上にのっている。このこと

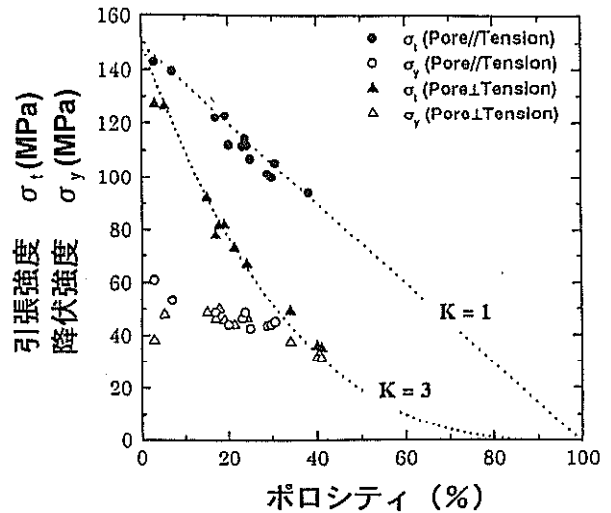


図4 レンコン銅の引張強度および降伏強度の異方性

は、引張方向がポアと平行な場合には試験片中に応力集中がほとんど起こらず、ポアの存在に関わらず比強度(単位重量当たりの強度)はノンポーラス銅と同じであることを示している。

引張方向がポアの成長方向と垂直の場合、引張強さは引張方向がポアと平行な場合に比べてかなり低い結果が得られた。詳細な解析の結果、ポアの成長方向が引張方向と垂直な場合の引張強さは応力集中によって低下することが明らかになった。

次に、最近、レンコン鉄の強度に関して興味深い結果が得られた。多くの金属は水素ガスを用いてポーラス化できたが、我々も当初、水素ガスを用いてレ

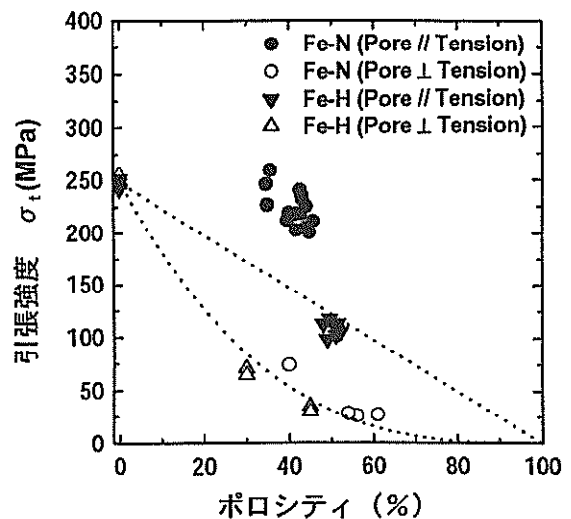


図5 水素あるいは窒素ガスを用いて作製したレンコン鉄の引張強度のポロシティ依存性

ンコン鉄を作製して種々の実験を行っていた。今から数年前、新聞紙上で知ったという数社の鉄鋼メーカーの方が研究室を訪問し、暴爆性・引火性のある水素を用いた製法は量産化には不適と指摘された。そこで、我々は何とかこれに答えるために研究を続け、安全なガスである窒素を用いてレンコン鉄を作製することに成功した。これには意外なプラスアルファの長所があり、窒素で作製したレンコン鉄は水素で作製した場合より格段に強度が高いことを見出した。図5には、両方のガスで作製したレンコン鉄の引張強度の測定結果を示した。水素を用いて作製したレンコン鉄のポロシティ依存性は、前述のレンコン銅の場合と傾向が似ているが、窒素で作製したレンコン鉄では、ポロシティが40~50%でも、孔のないノンポーラス鉄と同等の強度を示すという驚くべき結果が得られた。つまり、「鉄よりも半分軽くても強度は鉄と変わらない」ということで、材料研究者の長年の夢である「軽くて強い材料」を創出できたことになる。これは、微量に固溶した窒素原子による格子歪が転位の運動を阻止することによって鉄が強化されたためであると考えられる。

4. レンコン型ポーラス金属の応用展開

我々のグループで作製したレンコン金属の特徴をまとめてみると、ポアサイズの直径は数 μm から10mm程度であり、ポアの方向を自由に制御可能である。ポロシティは最大80%程度であり、ポアに直進性があり、ポアサイズが比較的均一であり、閉口ポア内はガスが充填されていること、従来の発泡金属や焼結金属に比べて強度に優れていること、内部摩

擦が大きく、制振性に優れていることなどが挙げられる。現在、これらのレンコン金属の機械的性質、疲労試験、塑性加工性、溶接性、内部摩擦、弾性的性質、熱伝導、電気伝導、熱膨張をはじめとする基礎的研究を系統的に行っている。

このようにレンコン金属は強さを備えているばかりではなく吸音性やエネルギー吸収性もある。このエネルギー吸収性を利用したポーラス銅を用いたゴルフバターが昨年4月にスポーツメーカーから発売された。我々の開発したレンコン金属の製品化第1号である。

レンコン金属を用いた人工骨や人工歯根も開発中である。チタンなどの無垢材料でできた人工歯根は、固定に問題があった。それをレンコン金属にすると骨の組織が孔のなかに入っていくのでしっかりした固定ができる上に、噛み合わせ時の衝撃も緩和でき天然の歯に類似のものを作ることができる。また、レンコン金属は無垢の金属に比べて表面積が数百倍にもなるので、冷却装置の小型化が可能になる。パソコンの中央演算装置(CPU)の冷却や、孔を水が通過することで自動車のエンジンやモーターの回転を制御する装置(インバーター)から出る熱を冷やることができる。このヒートシンクは大手電機メーカーが量産化する予定である。

以上のようにレンコン型ポーラス金属は基礎と応用の分野でさまざまな可能性を秘めた魅力的な素材であり、今後の発展が期待される。

参 考 文 献

- 1) 中嶋英雄, 生産と技術, 51(1999), 60-62.

