

磁性材料の焼結に向けた本格研究

高温、高加圧下で使用できる新しい超硬合金の開発

はじめに

現在、世界最高性能をもつ磁石であるネオジム磁石は重希土類元素であるジスプロシウム (Dy) を添加することで、高い保磁力を得ることができています。しかし、重希土類元素は資源リスクが高い材料であり、近年、価格が高騰したため、ネオジム磁石の製造メーカーでは、Dyの使用量を少なくしてもこれまでと同等の性能を持つ製品を開発してきました。また、現在、文部科学省や経済産業省の長期視点のプロジェクトによって、産官学を挙げて保磁力機構の解明や、重希土類元素を使用しない磁石の開発を進めています。

産総研では、重希土類元素を使用しない磁石の候補として、サマリウム鉄窒素 (Sm-Fe-N) 磁石に着目して、この焼結磁石の開発を進めています。また、経済産業省の未来開拓プロジェクト・次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発に参画し、新しい磁性材料を開発しています。この4月からグリーン磁性材料研究センターを設立し、これらのバルク磁性材料を集中的に開発しています。

新しい磁石や軟磁性材料はそのほとんどが粉末状態で作製されますが、熱的に不安定なことが多く、固めることが難しくなります。産総研では、この

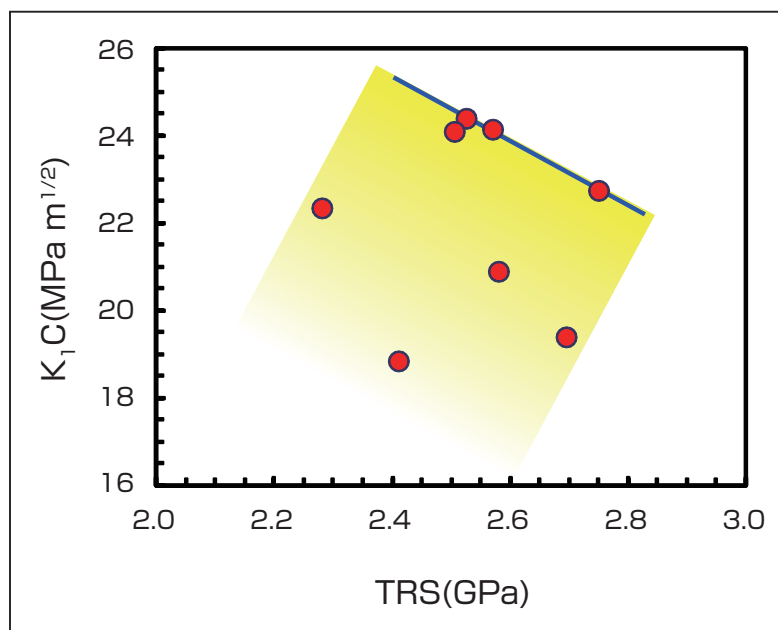


図1 金型用 WC-FeAl 超硬合金の機械的特性 (硬度 HRA80 の場合) の結果
K_{1C} は靱性を、TRS は抗折強度を表している。

ような難焼結材料を焼結する方法として、超硬合金金型を使用した通電焼結法を採用してきました。高い圧力を加えながら金型や粉末に直接電流を流し、温度制御を精密に行うことで、高密度な焼結体を作製できます。難焼結材料の磁石粉末である Sm-Fe-N の焼結磁石については、すでに産総研 TODAY でも紹介しています¹⁾。今回は、このような通電焼結法を用いて高密度焼結体を作製するために必要な金型材料について、産総研の取り組みを紹介します。

新しい超硬合金と耐熱性金型の開発

金属をプレスで成形する金型には、近年の高速化に伴って高温での使用が求められています。一般的に金属のプレス加工用の金型には超硬合金という材料が使用されています。超硬合金は炭化タングステン (WC) の粉末とコバルト (Co) の粉末を混合させて焼結することによって作製され、主に切削工具用材料として使用されていますが、金型材料としても広く使用されています。

最近の工業生産は高速化が進み、部品をできるだけ早く作りたいという要求があり、鍛造などに代表されるプレス加工では、高速で加工を行うために、材料を高い温度で加工することが求められます。しかし、これまでの超硬合金は耐熱性や耐酸化性がよくないために、これらを克服した新しい超硬合金が期待されています。WC と Co で構成される超硬合金の高温特性は主に Co に依存しています。Co は大気中で酸化しやすく、そのため、超硬合金は



研究者としての入り口は微小放電の研究でしたが、今では粉末冶金を中心とした材料開発やプロセス開発が主な研究テーマです。中でも固相粉末合成と通電焼結を用いた材料開発は得意分野です。これまでは、さまざまな材料をターゲットにしてきましたが、新たに研究センターを立ち上げ、磁性材料中心の研究に集中します。研究効率を上げるため、最近、良く眠れる枕を購入しました。

尾崎 公洋 (おざき きみひろ)
k-ozaki@aist.go.jp
グリーン磁性材料研究センター
研究センター長 (中部センター)

およそ700℃を超えると酸化が始まります。また、500℃を超える高温では超硬合金はCo相が軟化するため、変形しやすく、金型としての使用が難しくなります。

そこで、このCo相を別の材料に変えるため、鉄(Fe)とアルミニウム(Al)で構成される比較的安価な材料で、耐酸化性や耐熱性にも優れたFeAl金属間化合物に注目し、これをCoの代わりに用いる新たな超硬合金(WC-FeAl)の研究に着手しました。小林らによって1990年代初頭に先駆的な研究が開始され、基本特許を取得しました^[2]。ここから、強度を上げるためのプロセス開発が行われました。2005年に松本らによって、パルス通電焼結法(一般的には、SPS; Spark Plasma Sinteringや放電焼結法と呼ばれている)を用いて、WC粉末とFe粉末とAl粉末を混合した粉末を加圧焼結することによって強度を向上できることが明らかにされ^[3]、改良を加えて2GPaを超える程度にまで向上させました。この基盤技術を基に、2009年に経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業の、株式会社サン・アロイ(現株式会社ノトアロイ)と尾崎らとの共同研究によって温・熱間鍛造用の金型材料としての実用化研究が開始され、基本組成の見直しとプロセスの検討を行い、金型に特化した開発を進めました。その結果、硬さHRA80で抗折強度2.7GPa、靱性 $22.7 \text{ MPa m}^{1/2}$ のWC-FeAl超硬合金を開発することができ(図1)、特許を取得しました^[4]。現在、製品化に向け、さまざまなフィールドで実際の金型としての試験を行うとともに、より安価にできるプロセスと、さらに特性を向上させた超硬合金材料にするべく開発を続けています。

新しい超硬合金の通電焼結用金型としての展開

産総研においては、WC-FeAl超硬合金の通電焼結用金型としての有用性を調べているところです。すでに、いくつかの磁性材料をこの超硬合金によって焼結しており、図2の様な形状の金型を用いて、例えば500℃で1GPa、800℃で600MPaのような条件で繰り返し使用しても全く変形しないことを確認しています。今後、より詳細なデータを集め、焼結金型としての使用範囲を明らかにしていく予定です。また、エス・エス・アロイ株式会社と中山らの共同研究として、カーボン(C)を添加して電気抵抗を高くし、通電による発熱の効率が良く、高速昇温可能なWC-FeAl-C金型の開発も行いました^[5]。

このように、この超硬合金は産総研においてその時々で主役を代えながら20年以上の継続した研究によって達成された成果であり、今後の改良によって、温・熱間鍛造用金型や焼結金型さ

らには、切削工具へ広く適用できるものと期待しています。

参考文献

- [1] 高木健太：産総研TODAY, 12 (6), 22 (2012).
- [2] 特許第2611177号「高硬度で耐酸化性に優れた超硬合金」小林慶三 他
- [3] Akihiro Matsumoto, *et al.*: *Proceedings of PLANSEE Seminar 2*, 287-294 (2005).
- [4] 特許第5305206号「超硬合金及び超硬工具」尾崎公洋 他
- [5] 特開2011-119663「通電加熱に適した硬質金型およびその材料」中山博行 他

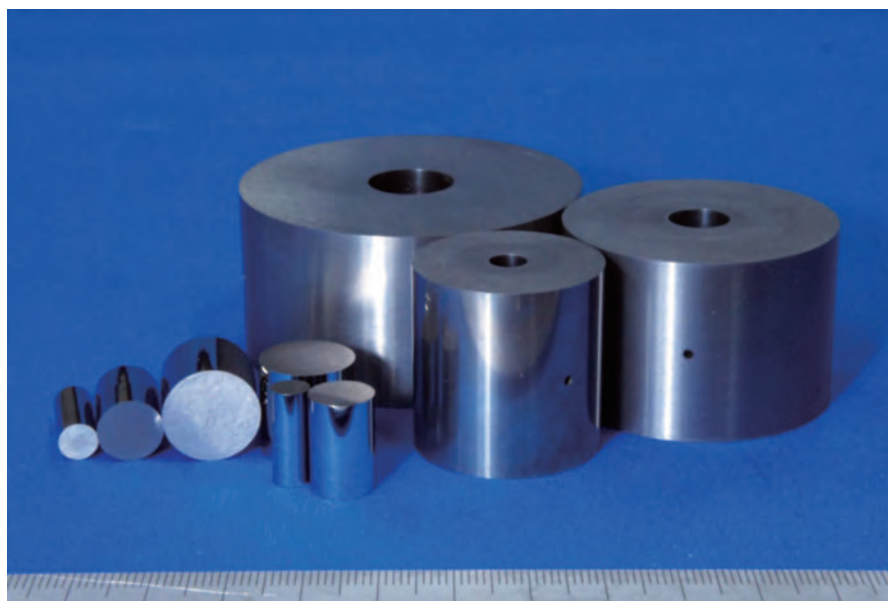


図2 WC-FeAl超硬合金の焼結用金型の外観写真(株式会社ノトアロイ製)
これまでの超硬合金と同様、放電加工が可能のため、比較的複雑な形状も作製できる。