

新素材技術のダイカスト型への応用

New Materials Technologies Related to Die Casting

中 川 威 雄*
Takeo NAKAGAWA

複合材料やセラミックスなどの新素材技術の発展は目覚ましいものがある。幅広く使われている各種の金型の中で鋳造用金型は高温金属を扱うため、耐熱・耐焼付の面できびしい状況に曝されている。鋳造型の問題点を最近進歩の著しい新素材技術によって解決できないものであろうか。本報はこのような観点より、筆者の研究室で生まれた幾つかの新素材技術を再検討し、ダイカスト型へ応用できる可能性があることを示唆したものである。

1. は じ め に

軽合金を高圧を付加しながら鋳造し複雑形状機械部品を能率的に生産するダイカスト法は、言うまでもなくすでに長い歴史を持つ重要な生産方式である。この生産方式の成否を決める一つの要素に金型技術があり、長い間の経験、技術に基づくノウハウが蓄積されたものと言われている。金型材料としては耐熱工具鋼が使われ、機械加工により削り出されたものが使われる。型の製作工程には放電加工、CAD/CAM等の加工技術が導入され合理化が図られている。

筆者の研究室では、図1に示すように最近進展の著し

いコンピュータ技術、新素材技術、新加工技術を素形材用の型技術に生かすことを目標に研究を行ってきた。開発された技術は、図2に示す経過のもとに発展し、そのうちいくつかは新しい型技術として活用されるに至っている¹⁾²⁾。これらの型技術はダイカスト型用を目指したものではなかったが、その一部は軽合金の鋳造型やダイカスト型に適用できる可能性がある。本報ではこれらの新しい型技術のうち、主として新素材技術をとりあげ、ダイカスト型への適用の可能性を論ずることを試みた。

2. レーザ切断金属板積層による冷却配管付温度制御金型

素形材用金型の中には形状付与が主要な機能であるものもあるが、鋳造用やプラスチック用金型では、形状付与と共に冷却機能も果たさなければならない。すなわち、これらの金型では、熔融または軟化材料を固化するため、金型は熱交換の役目も兼ねていなければならない。鉄系材料の金型鋳造では型寿命を伸ばすために、金型の十分

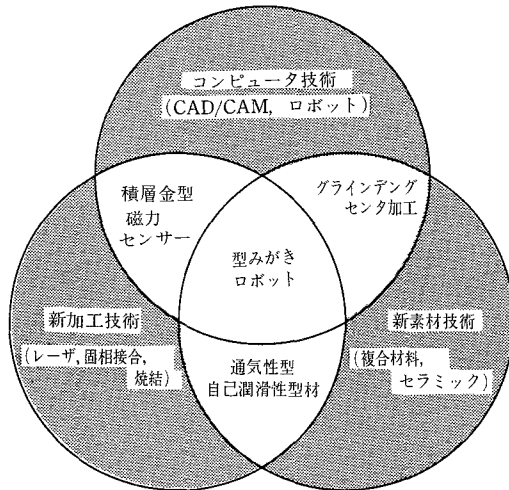


図1 先端技術と金型研究開発テーマ

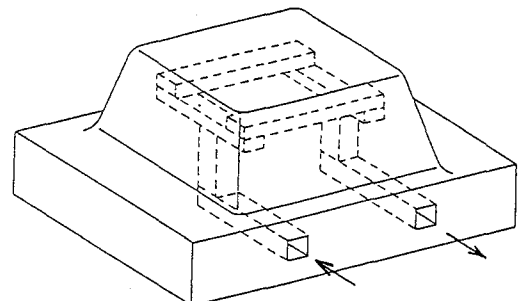


図3 薄鋼板の拡散接合により型表面に接近した冷却流路をもつ金型 (国枝, ほか)

*東京大学生産技術研究所 先端素材開発研究センター

な冷却が不可欠なことが知られており、そのため銅合金金型も使用されるようになってきた。プラスチックの射出成形においても、型温の制御は成形サイクルの短縮ばかりでなく、成形品の欠陥除去のためには極めて重要

であることが知られている。特に射出成形品の精度が向上し、精密成形といわれる分野では、型温の均一化とその温度制御、さらには意図的な温度勾配を持った温度制御金型が必要と考えられている。金型の温度制御の方法としては、高伝熱性型材の使用または高伝熱性を複合化して型材として使用することも考えられるが、冷却配管を施すことが一般的である。しかし、従来の金型構造では十分な冷却配管がつけられているとは言えない。配管がつけられない原因の一つは配管の加工が困難であると考えられ、仕方なくキャビティに水をスプレーして冷却している場合もある。

レーザー切断板を積層し拡散接合した金型は、図3のように型表面に接近させた効果的な冷却流路を自在にとることができ、この特徴を活用して温度制御した鑄造金型が考えられる。この金型の製作法としては図4に示すように次のようなプロセスが考えられる⁹⁾。

- (1) 金型をCADにより設計し、金型形状(冷却装置を含む)をコンピュータに記憶する。
- (2) 金型形状を板厚分の間隔で切断し、輪郭の情報をテープアウトする。
- (3) 鋼板をNCレーザー加工機により切断する。
- (4) 切断された鋼板を積層する。
- (5) 上下型間に離型材を塗布し、拡散接合により板間を接合する。
- (6) 段差を除去すると共に表面仕上げを行う。

この型の製造工程で採用される拡散接合による接合面は極めて強固なもので、通常、接合面より剥がれることは考えられない。実作業では離型材が接合面に浸み込んだり、均等加圧不十分な形状では接合不良を起こすこともある。また段差の除去や型表面加工でミーリング加工を加える必要が生ずる場合も多いが、その場合は、むしろ冷却配管のみレーザー加工で切り出し、拡散接合したブロックより通常の方法で削り出したほうが良い場合も多い。そうすれば、積層時の位置決めも簡単となり、離型

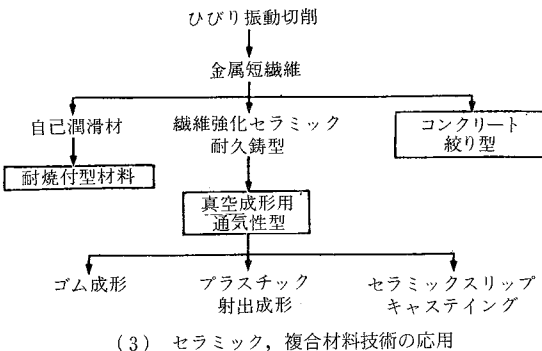
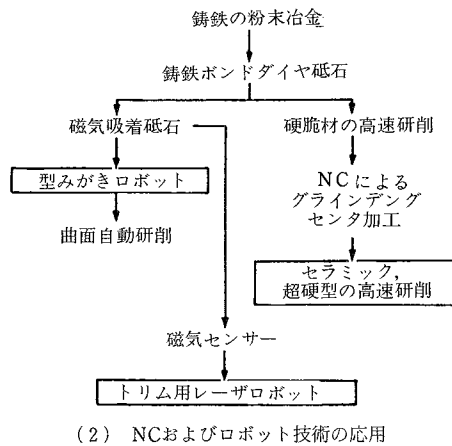
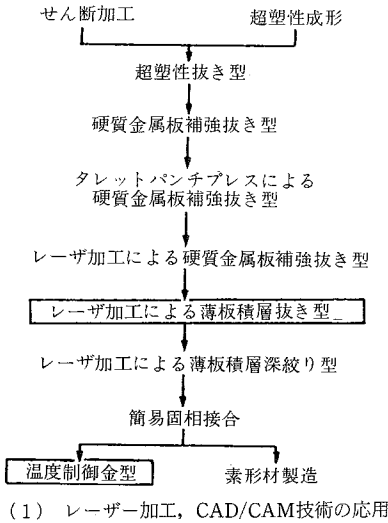


図2 金型製作技術に関する研究の流れ

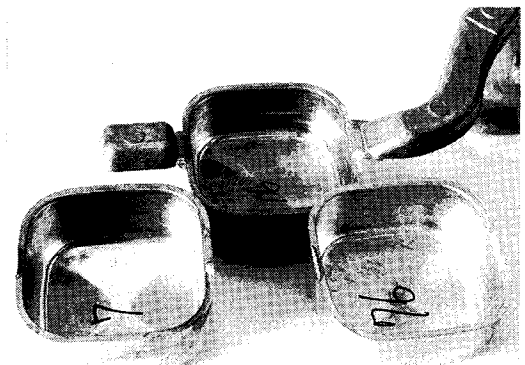


図5 積層金型によるアルミダイカスト品 (日本精密金型の協力による)

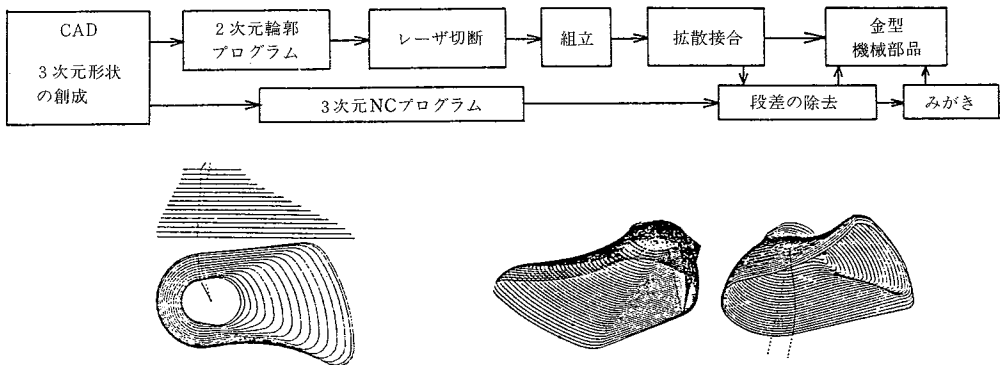


図 4 薄板積層型の製作工程 (国枝ほか)

材の問題もなくなるばかりでなく、板厚精度の不足や接合によって生ずる僅かのひずみによる寸法不良の問題も解決される可能性がある。使用する板材としては、必ずしも鋼板ばかりでなく、もっと熱伝導率の良い銅または銅合金も考えられる。ちなみに図5は、この方法で作した金型を用いダイカストを行ったアルミ鑄造品である⁹⁾。このような温度制御金型の効果を実際に発揮させるには、十分に考慮された型設計と数多くの鑄造実験によるノウハウの積み重ねが必要であろう。

3. ガス抜き機能をもつ焼結型

金型鑄造では型に気孔がなく、型内の空気の逃げ道がないため、空気の巻き込みや湯流れ不良等の欠陥が生ず

る場合がある。この欠陥を防止するため、金型を分割構造として隙間を作り空気を吸引排出する対策がとられている。金型内の脱気を完全に行えば、溶湯の流動性も向上し、鑄造品の品質も向上するはずである。

筆者らが開発し現在プラスチック板の真空成形用に使用されている通気性型は、図6のような工程で製造されている。以下に型製作の概略を述べる。

- (1) セラミック粉と金属粉に補強用金属短繊維とバインダーであるエチルシリケートを混合し、スラリー状とする。
- (2) あらかじめ製作しておいた模型に流し込み硬化させ反転形状を得る。
- (3) 乾燥または1次焼成させた後、空气中で酸化焼結をする。
- (4) 型枠を取り付け通気性を持つ型として使用する。

現在セラミックとしてはムライト粉、金属としては純鉄粉が使用されているが、他の粉末でも製造可能なことがわかっている。酸化焼結のため、焼結時の収縮と膨張が互いに打ち消し合って寸法変化の少ない(±4/1000以下)型が製造できており、さらに通気性の存在する割

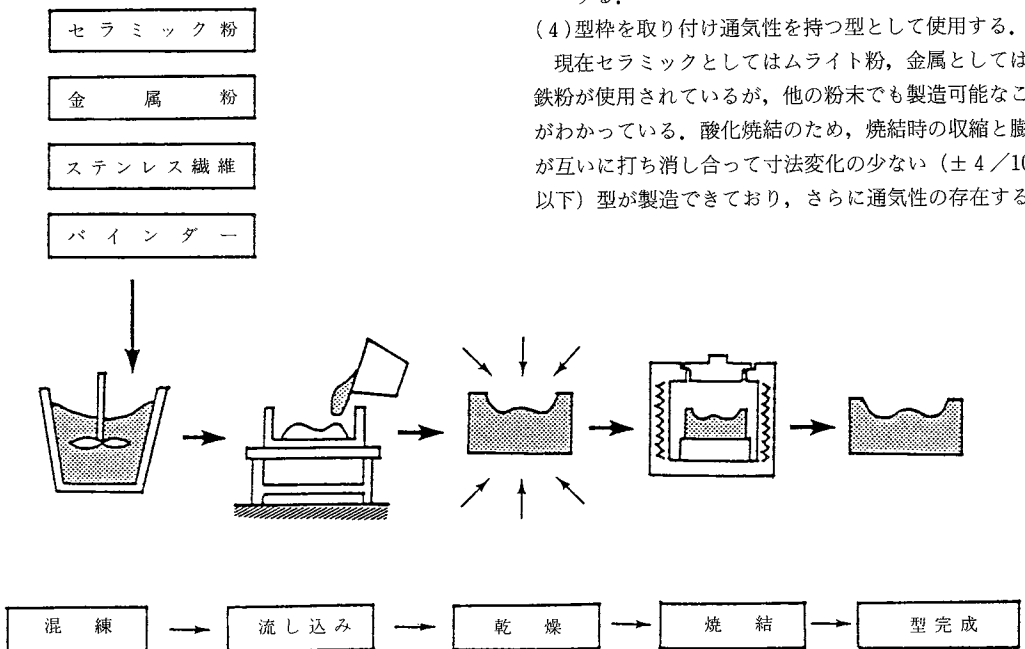


図 6 通気性セラミック型の製造工程 (柳沢, 野口ほか)

には強度（圧縮で 1 tonf/cm²）も高い特徴を有している。空隙率は 35~45% で連通状態、空隙断面は不規則形状をしている。空隙径は粉末径によって変わるが数 μm ~ 10 数 μm までのものが製造できている。耐熱性は使用原料によって異なるが、焼結温度に等しい 900°~1400°C までのものが製造できることがわかっている。

以上の特徴を考慮すると軽合金の鋳造型として使用できる可能性もあるように思われる。実際にはこの型材の引張り強度は不十分で、たとえば凝固収縮によりコア部に鋳造材が抱きついた場合型材が破損し使用できないことが明らかになっている。しかし、この通気性型材をキャビティ側に部分的に使用する限り型の破損の問題はない。この型材の機械加工性は良好とは言えないものの切削可能であることがわかっており、また研削加工も可能であるのでキャビティの加工や取り付け部の加工は問題はない。

最近この型材をさらに発展させたものとして鉄粉を図 7 のように特殊な酸化還元焼結をすることにより、かなり高強度の通気性材料が開発された⁷⁾。この場合には加工性の問題は全然存在せず、鋳造型に部分的にはめ込むなどして使用できるものと思われる。この材料の圧縮強度は 4.5 tonf/cm²、曲げ強度は 0.5~1 tonf/cm²、空隙率は 15~40%、空隙径は 2~25 μm である。

4. 塗型や離型材の要らない黒鉛含有金型材

塗型の要らない鋳造型用金型材というのは、金型鋳造では夢とされている。塗型を塗る作業がやっかいであるばかりでなく、塗型の損傷が生じた場合、全面的に塗り換える作業にも多くの時間を消費する。さらに、ダイカストでは通常水溶性の離型材が使用されるため、溶湯が水と接してガス化し鋳造欠陥の生ずる原因となっている。塗型や離型材の一つとして黒鉛があるが、鉄系の金型材に黒鉛を多量に含有させることができれば、塗型や離型材の塗布を省略できる可能性がある。

筆者らはびびり振動切削による金属短繊維の製造法を開発し、その複合材料への応用として Fiber Metallurgy

《金属系多孔質材料の製造工程》

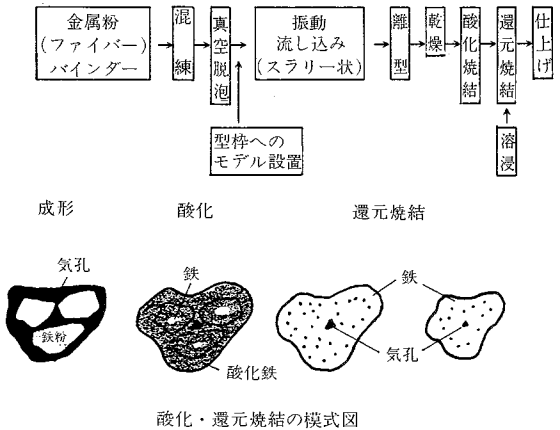


図 7 酸化・還元焼結による金属多孔質金型 (今村ほか)

(繊維冶金)の研究を行ってきたが、その成果の一つに鋳鉄中に黒鉛を多量に含む自己潤滑性材料がある⁸⁾。この自己潤滑性材料はそのまま、鋳造型材として使用できるはずである。

この型材の製造法を図 8 に示す。

- (1) びびり振動切削法により、球状黒鉛鋳鉄または鋼の短繊維 (直径 30 μm × 長さ 1.2 mm) を製造する。
- (2) 黒鉛を 5~15 wt% 混入混合し、金型にて圧縮成形 (8 ton/cm²) する。
- (3) 圧縮成形体を水素雰囲気中で焼結 (1140°C, 60 min) する。

このような繊維冶金法によって製造された型材の強度を図 9 に示す。鋳鉄繊維に体積換算で約 35% (15 wt%) の黒鉛を含有したものの圧環強度は 30 kgf/mm² を示し、ねずみ鋳鉄の最低レベル並の値を示す。黒鉛換算体積が 25% 含むものは FC15~FC20 に相当する強度を示す。その組織を図 10 に示すが、白い部分が繊維、黒い部分が黒鉛である。この自己潤滑性材料をアルミニウムの鋳造材として、図 11 のような鋳型を作って 200 個ほど鋳造してみ

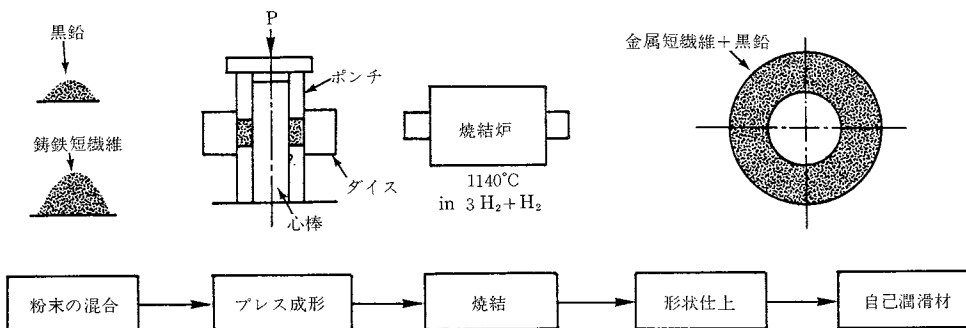


図 8 ファイバーマトラジールによる鋳鉄-黒鉛系自己潤滑複合材の製造工程 (李, 鈴木, 加藤ほか)

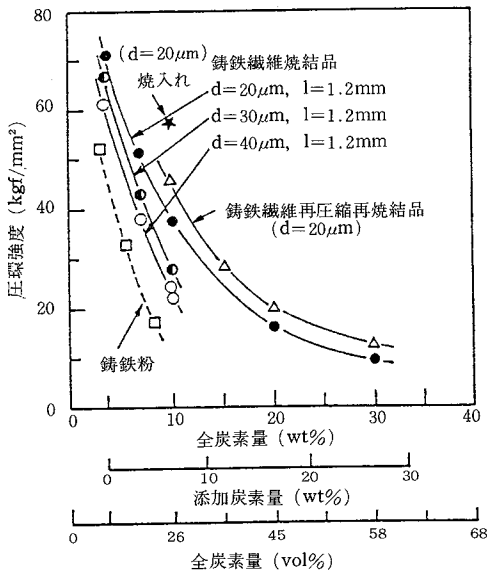


図9 鑄鉄—黒鉛系自己潤滑複合材料の圧縮強度 (李, ほか)

たところ、表面に焼き付けは認められなかったという結果が報告されている⁹⁾。この型材の引張り強度はまだ不足であるが、焼結体を熱間圧縮したり、成分調整をすることにより強度がかなり向上することがわかっている。また、このびびり繊維の代わりにスチールウールを切断したものをを用いることにより、より高強度なものが得られる。さらに、純銅や銅合金などの熱電導率の高い繊維を用い、冷却効果もあわせ発現させることも可能である。

5. ニューセラミックス鑄型

最近のセラミックスの進歩は著しく、高強度、高靱性のセラミックスが手軽に入手できるようになっている。

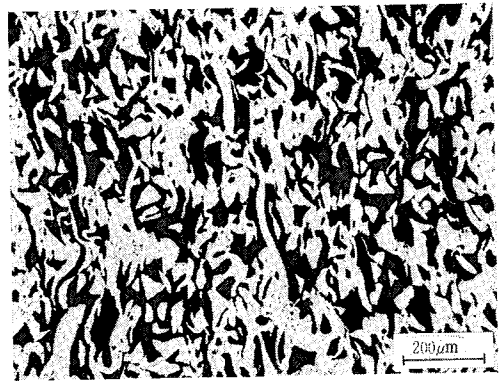


図10 黒鉛10wt%を含む自己潤滑複合材料 (李, ほか)

セラミックスは硬質材で耐摩耗性や、耐食性が高く、特に高温での強度が高いことが特徴であり、その意味では鑄造用型材としては有望視されてきた。セラミックスを軽合金の鑄型材として使用すれば、型寿命が向上するばかりでなく、表面形状も著しく向上し、離型材の塗布を省略できる可能性もある。しかしながら、セラミックスは余りにも硬質であるため、機械加工による形状の付与が難しく、実際問題として型加工が困難とされていた。

筆者らの研究により、マシニングセンタを用いてセラミックスの3次元形状加工が可能となったが、この技術を駆使することにより、少なくともセラミックス型加工の問題はほぼ解決されることとなっている^{10~12)}。

NC機構を使って3次元形状が可能であるばかりでなく、加工効率も極めて高く、窒化珪素で最高で7.5cm³/mm/min、しかも研削比は600程度とかなり高い。これは硬質の鋼並に近い加工能率であり、従来、加工速度は0.2cm³/mm/mmであったのと比べると、セラミックスの加

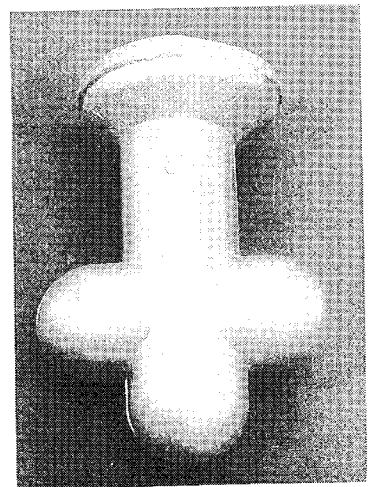
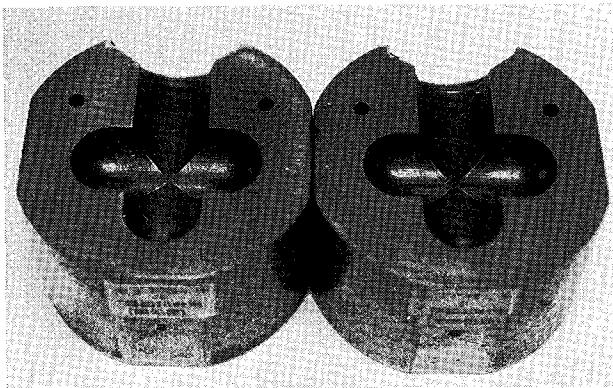


図11 自己潤滑試験金型とアルミニウムの鑄造品 (李, ほか)

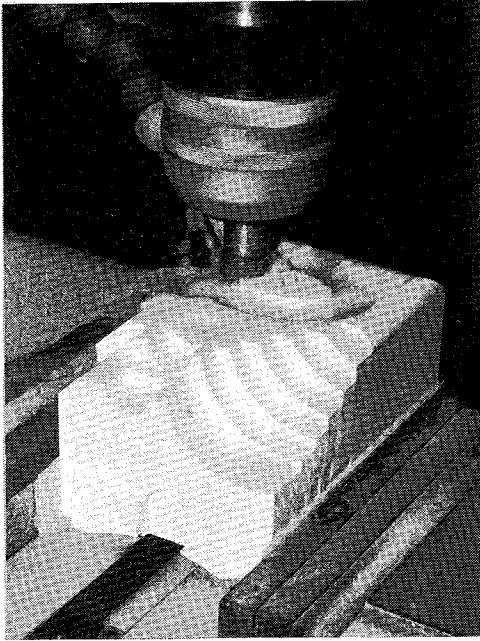


図12 マシニングセンターによる高密度アルミナセラミックスの研削加工 (植松, 鈴木ほか)

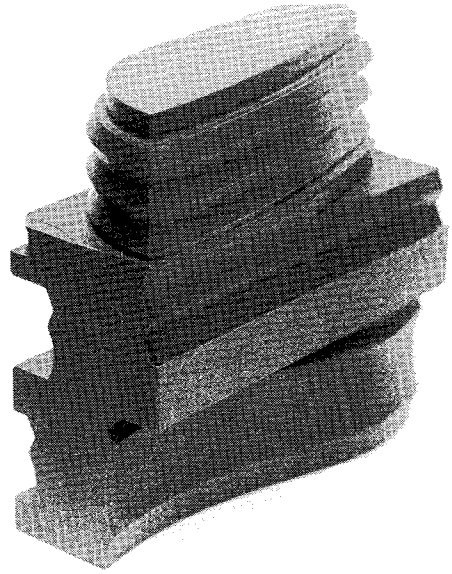


図13 窒化珪素セラミック研削加工品 (鈴木, 植松ほか)

工の困難さは一変し、必ずしも加工困難な材料とは言えない状況となった。

この新しい研究技術は、鑄鉄地にダイヤモンド砥粒を強固に固定した砥石と、強力であつNC機構を持った切削用マシニングセンタを研削用に使用したことにより、可能となったものである。ほとんど全部のセラミックス材料に適用可能であり、また最近では鑄鉄地を粉末から鑄鉄繊維に代えることにより、砥石の性能も一段と向上した。さらにワイヤ放電を利用した砥石のドレッシング、ツールイング技術も開発され、いわゆるグラインディングセンターも市販されるようになったので、セラミックス鑄造型もいよいよ身近かなものとなっている。図12はアルミナブロックを加工している状況であり、図13は窒化珪素セラミックの研削加工品の例である。

6. おわりに

軽合金の鑄造、特にダイカスト金型への応用を前提に、見込みのありそうな新素材技術の見直しを行ってみた。ある程度の実現の希望があるとも言えようが、実用化までを考えると道は遠いようにも思われる。筆者は鑄造分野には全くの素人に近い研究者であるが、本報で書かせていただいた内容について現在検討を進めており、この機会にわれわれの考え方を公表し、いろいろと御批判い

ただき、今後の研究に役立てたいと考え、あえて拙文を書かせていただいた。(1987年3月25日受理)

参 考 文 献

- 1) 中川威雄: Proc. of Int'l Forum '85 on Die and Mold (1985) 1-12
- 2) 中川威雄: 型技術 vol. 2 no. 1 (1987-1) 18-24
- 3) Takeo Nakagawa, Masanori Kunieda, Sheng-Dong Liu: Proceedings of 25th International Machine Tool Design Research Conference, 505~510, 1985. 4
- 4) 中川, 蘭, 劉: 素形材 vol. 27 No. 11 (1986-11) 1-9
- 5) 寺尾, 西岡: 素形材センター研究調査報告317(1985-8) 67-82
- 6) 柳沢, 野口, 中川: 精密工学会誌 vol. 53 no. 1 (1987-1) 91-97
- 7) 今村, 柳沢, 野口, 中川: 粉体粉末冶金協会春季大会講演概要集 (1985-05)
- 8) 李世欽, 鈴木, 中川: 鉄と鋼 vol. 71 no. 5 (1985-03)
- 9) 李東春, 鈴木, 中川: 軽金属学会第70回春季大会 (1986-04)
- 10) 鈴木, 植松, 中川: 昭和60年度精機学会春季講演会論文集 (1985-03) 809
- 11) 植松, 鈴木, 中川: 昭和60年度精機学会秋季講演会論文集 (1985-10) 265
- 12) 植松, 鈴木, 成田, 中川: 昭和62年度精機学会春季講演会論文集 (1987-3) 589