

資 料

金属粉末成形技術を活用した新技術の開発

名原 啓博*・廣江 拓也*・小松原 聡*・若槻 博美*・山根 康太*・守谷 吉弘**・岩崎 義弘***

1. 目 的

金属粉末射出成形 (Metal Injection Molding: MIM)¹⁾ は、小型複雑形状物の大量生産に適するという特徴を持つ。日本における MIM 技術を活用した部品の市場は微増傾向にあるが、世界的に、特に発展途上国で増加している。国内での MIM 技術の活用は産業機械部品、医療機器部品、自動車部品の順で多く、材料はステンレス系が約 75% を占めており、形状の高細密化や材料の多様化に向けた研究開発も進められている。

島根県産業技術センターにおける MIM 技術を用いた研究開発は、これまで複合素材や熱処理技術により、耐磨耗性と靱性を兼ね備えた交換式切削工具の開発を行って来た。平成 30 年度までの研究では、ダイヤモンドを砥粒とするチップ刃及びバンドソーを開発し、コンクリートの研削試験を行った。このチップ刃及びバンドソーの製法等に関しては特許を出願し、現在公開されている^{2,3)}。他方、ダイヤモンドは鉄鋼材料の研削には向かないことが一般的に知られている。そこで平成 31 年度は、セラミック系硬質粒子を砥粒とするチップ刃及びバンドソーを試作し、鉄筋コンクリート用棒鋼の研削試験を行ったので報告する。

2. 方 法

2.1 チップ刃の製作方法

チップ刃の製作方法の概略を図1および図2に示す。チップ刃の基材となる金属粉末 (Cu-Sn 合金に Ni を添加) と樹脂等を、図 1 (a) の混練性評価装置 (東洋精機製作所製 10C100-01) を用い、樹脂が溶融する温度の約 200℃ で十分に混練した後、室温に戻して固化させ、材料塊を作る。これを図 1 (b) の粉砕機で射出成形に適したサイズ (約 5 mm 未満) まで小さくし、図 1 (c) の射出成形機 (日精樹脂工業製 THM7) と金型を用いてチップ刃の形状に射出成形する。金型は 3 次元 CAD (SOLIDWORKS 製 SolidWorks)、3 次元 CAM (MAKINO 製 FF/cam)、平面研削盤 (長嶋精工製 NSP415-F)、ワイヤ放電加工機 (三菱電機製 BA8)、小型マシニングセンタ (FANUC 製 α -D14MiA5)

を用いて製作した。図 1 (d) に射出成形後のチップ刃の形状を示す。さらにこのチップ刃を図 1 (e) に示す有機溶剤に浸漬し、樹脂を溶解により大まかに取り除く。なお、こ



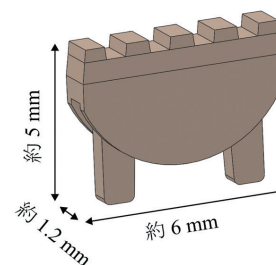
(a) 混練



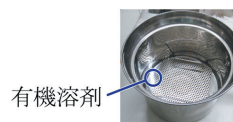
(b) 粉砕



(c) 射出成形



(d) 射出成形後のチップ刃



(e) 溶媒脱脂

図 1 チップ刃の製作方法①

* 生産技術科, ** 株式会社 守谷刃物研究所, *** 有限会社 岩崎日立加工所

の時点では樹脂が完全には除去されないので、溶媒脱脂後もチップ刃の形状は維持される。

次に、砥粒となるセラミック系硬質粒子（平均粒径 250 μm）と金属粉末を流動パラフィン等と混合して図 2 (a) に示すようなペースト状にし、これを図 1 (d) の凹凸形状を持つ研削部（刃として機能させる部位）に塗布または浸漬して付着乾燥させる。この時の形状を図 2(b) に示す。砥粒ペーストに混ぜる金属粉末は基本的にチップ刃の基材と同じ材料を用いるが、硬度調整など目的に応じ、Ni の添加量を変えたりチップ刃の基材には含まれない材料を加えることも可能である。また、研削部に図 1 (d) に示す凹凸を成形することで砥粒の保持を確実にし、研削加工中の砥粒の脱落を抑制することができる。

最後に図 2 (c) の真空加圧焼結急速冷却炉（島津メクテム製 PVSGgr20/20）を用い、加熱脱脂により樹脂を完全に除去した後、1,000℃前後で焼結して金属粉末と砥粒を接合一体化させる。焼結において、上記の金属は砥粒と固溶体や化合物を生成しないので、砥粒としての機能を妨げない利点がある。製作したチップ刃を図 2 (d) に示す。縦は約 4 mm、横は約 5 mm、幅は約 1 mm の大きさである。なお、図 2 (b) を脱脂・焼結して図 2 (d) になる際、脱脂により生じた空隙を金属粉末が埋めながら焼結するため、チップ刃は全体的に収縮する。従って、図 1 (d) を射出成形する際に用いる金型は、この収縮分を考慮して製作した。

2.2 バンドソーの製作方法

帯状の薄板鋼のブレード（厚さ 0.5 mm、幅 13 mm、周長約 1 m）にプレス加工を施し、図 3 (a) に示す凹形状の受溝（差込溝）を 15 mm 間隔で 75 箇所設ける。ここにチップ刃を矢印の方向に差し込み、図 3 (b) のように装着する。チップ刃のスリット（図 3 (a) の矢視図）にはブレードが挿入され、チップ刃の側壁がブレード両側面から被さることで、チップ刃の固定性が向上する。図 3 (a) のチップ刃の脚部はブレードの脚受溝に挿入され、図 3 (b) に示すように脚受溝の形状に沿って塑性変形する。これはかしめ固定として機能し、チップ刃の抜け出し方向に対して係止する。このチップ刃を 15 mm 間隔で 75 個ブレード全周に亘って取り付け、図 4 (a) の試験用のバンドソーとした。

2.3 研削試験方法

製作したチップ刃が研削工具として有効に機能することを検証するため、2.2 で製作したバンドソーを用い、D29 の鉄筋コンクリート用棒鋼サンプル（以下、鉄筋サンプル）を被削材として研削試験を行った。図 4 (a) のバンドソーを図 4 (b) に示すロータリーバンドソー（HiKOKI 製 CB12FA2）の内部に破線のように設置し、その下に固定した鉄筋サンプルに向けてバンドソーを下ろして研削する。なお、本試験ではバンドソーに下方方向の外力を加えず、機械自身の重量で下がりながら、鉄筋サンプルの研削を進めた。

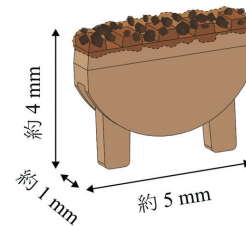
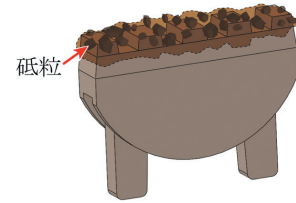


図 2 チップ刃の製作方法②

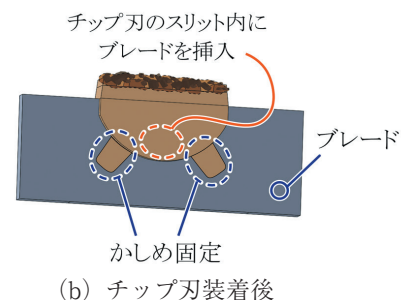
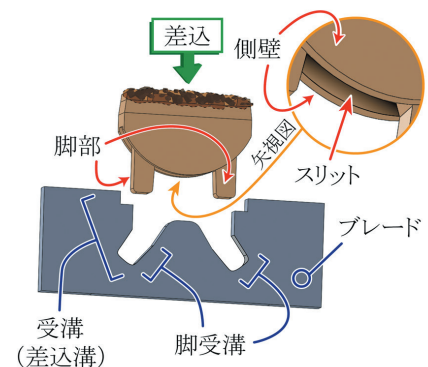


図 3 バンドソーの製作方法

3. 結 果

図5に研削試験後の鉄筋サンプルを示す。図5(a)のように、鉄筋サンプルは丸棒（直径27mm）にリブ（棒軸方向の連続した突起で断面形状は6mm×2mmの四角）と節（棒軸方向以外の突起で断面形状は3mm×2mmの四角）の付いた異形棒鋼である。本試験では上側のリブから研削を開始し、輪切り切断するように下方方向に切り進めた。なお、ここでは節を含まない位置を研削した。試験の結果、回転速度と切り込み量を適切に選ぶことで加工動作が安定し、図5(b)に示すように深さ約25.5mm（研削加工面積は約588mm²）まで研削することができた。しかし、これ以降は砥粒の脱落等により研削を進めることができなかった。本結果から、鉄筋コンクリート用棒鋼のような普通鋼の切断に対し、本バンドソーは切断能力や扱い易さ等において、現在普及しているハイス製バンドソー等には及ばないことがわかった。

文 献

- 1) Donald F. Heaney. Handbook of Metal Injection Molding. Second Edition, Woodhead Publishing, 2019, 636p.
- 2) 島根県. 切断又は研削用工具の製造方法. 特開 2020-199598. 2020-12-17.
- 3) 島根県. 守谷刃物研究所. チップソーのチップ取付構造及び方法. 特開 2020-199599. 2020-12-17.



図4 チップ刃を装着したバンドソー(a)と研削試験の概況(b)

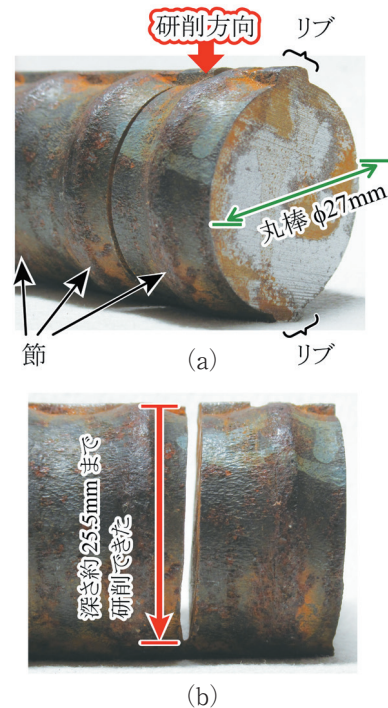


図5 研削試験後の鉄筋サンプル