

放電加工に適した「フジロイ V シリーズ超硬合金」とモータコア金型向け開発新材種

富士ダイス(株)

藤井 卓*、小椋 勉**、和田 光平***、福島 崇洋****

超硬合金とは、金属の炭化物を、鉄族金属を用いて焼結した合金の総称（英名；Cemented carbide）であり、炭化タングステン（WC）をコバルト（Co）で焼結した超硬合金は機械的特性が特に優れているため、一般的には、本系合金を超硬合金という。超硬合金は、工具鋼などと比較して硬さ、圧縮強度、ヤング率が高く、高応力下での寸法変化が小さいため、金型として使用すると長寿命かつ高精度となる。そのため古くから切削、耐摩耗、耐衝撃用の工具や金型などに使用されており、自動車部品などの製造にはなくてはならない材料である。

*Taku Fujii、**Tsutomu Ogura、***Kouhei Wada：技術開発本部 開発センター 材料開発部
****Takahiro Fukushima：同 部長
〒257-0015 神奈川県秦野市平沢 36-1
TEL (0463) 82-9588

近年では、高性能な部品の製造のために、高精度の金型が要求されている。例えば、自動車のモータの重要部品であるモータコアは、モータ特性の向上のために電磁鋼板の薄板化が進んでおり、それを打ち抜く超硬合金製の金型は、クリアランスの狭小化と形状精度の向上が求められている。そのため、超硬合金に求められる特性としては、放電加工性に優れること、耐チップング性に優れることがあげられる。

上記を踏まえ、本稿では、放電加工が超硬合金に与える影響、放電加工性に優れた「フジロイ V シリーズ超硬合金」およびモータコア金型向けの開発新材種について紹介する。

放電加工が超硬合金に与える影響

放電加工は、電極と被加工材との間に電圧を印加してアーク放電を発生させることで、材料を融解、気化させて加工する方法である。超硬合金を放電加工で加工すると、熱衝撃による応力が加工面に生じ、多数のマイクロクラックや Co 相の融解による変質層を生じる場合がある（図 1）。これらは、超硬合金の強度低下を引き起こし、金型として使用する場合には寸法精度や寿命にも影響を与える。

放電加工で超硬合金を加工した場合の強度は、加工後の表面粗さが粗いほど、また WC 粒度が微粒になるほど低下する。これは、表面粗さが粗いほどマイクロクラックの寸法が大となり、WC 粒度が微粒であるほど靱性（破壊靱性を指標）が低下しマイクロクラックが伸展しやすいためである。

一方で、Co 量が増加すると耐熱衝撃性、破壊靱性

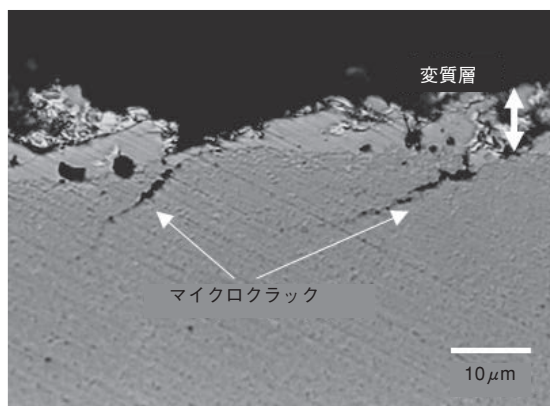


図 1 ワイヤ放電加工後の微粒超硬合金の断面組織例

が上昇するため、マイクロクラックの発生およびクラックの伸展が抑制される。そのため、放電加工で加工した場合の抗折力の低下量は、Co量の増加に依存して軽減される。さらに、加工液に水を使用する場合、超硬合金の加工面には電解性の腐食が生じる。超硬合金の耐食性は、一般的に結合相であるCoの耐食性に依存するため、結合相の耐食性を向上することで、耐食性に優れた超硬合金を得ることができる。

したがって、超硬合金を放電加工にて効率よく加工し、より高精度な金型を作製するためには、用途に適したWC粒度とCo量の中で、より耐食性の高い材料を選択することが必要となる。

フジロイVシリーズ超硬合金

前項の知識と基礎研究に基づき、開発されたのが放電加工に適したフジロイVシリーズ超硬合金である。Vシリーズ超硬合金は、同程度の耐摩耗性を有するWC-Co系超硬合金と比較して、耐食性、破壊靱性に優れる。

図2(a)にWC-Co系超硬合金のD40とVシリーズ超硬合金のVD45の放電加工後に生じた腐食層の断面組織を示す。VD45はD40と比較して、放電加工による腐食層が生じにくいことがわかる。また、図2(b)にビッカース硬さ測定時に生じる圧痕の隅のクラックを示す。このクラックは破壊靱性の測定に用いられ、クラックの長さが短いほど破壊靱性が高い。VD45はD40と比較してクラックの長さが短く、クラックが伝播しにくいことがわかる。これらの特徴はV

シリーズ超硬合金に共通している。そのため、Vシリーズ超硬合金は、放電加工時のマイクロクラックの伸展が抑制され、腐食層も生じにくく、放電加工性に優れる。

表に、Vシリーズ超硬合金のラインナップを示す。顧客のニーズに対応するため、硬さ85.0～91.5HRAと幅広い特性を有しており、多岐の用途で使用されている。

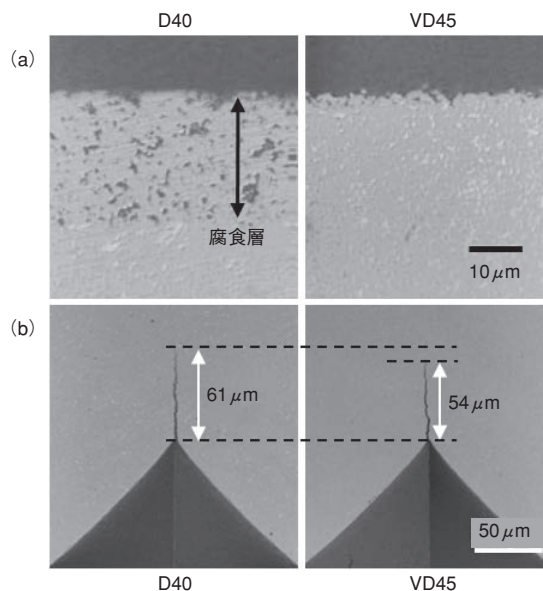


図2 D40とVD45の比較

- (a) 放電加工後の腐食層の断面組織例。過度な条件のもと放電加工し、極端に腐食層を形成させている。
- (b) ビッカース硬さ測定時の圧痕の隅に生じたクラック長さ。ビッカース圧子の圧入荷重は294 N。

表 Vシリーズ超硬合金のラインナップ

材種	比重	硬さ (HRA)	抗折力 (GPa)	破壊靱性*1 (MPa・m ^{1/2})	ヤング率 (GPa)	使用用途例*2
VF12	14.5	91.5	3.6	7.6	560	刃物、タイバーカットダイ
VD15	14.9	92.0	3.2	6.4	620	パンチスリーブ、ピストン
TVD30	14.5	91.0	3.5	8.0	570	ロール、ニブ
VD45	14.2	90.0	3.5	9.7	540	抜きパンチ、抜きダイ
TVD55	13.8	89.0	4.0	15	500	ロール、抜きダイ
VG60	13.9	88.0	3.4	18	520	ロール、パンチスリーブ
VG86	13.3	85.0	2.9	28	460	ニブ、ダイ

上記の特性は代表例であり規格ではない。

*1：ビッカース圧痕法：新原の式を準用した当社の経験式を使用。

*2：使用用途の一例であり、各材種とも多岐の用途で使用されている。

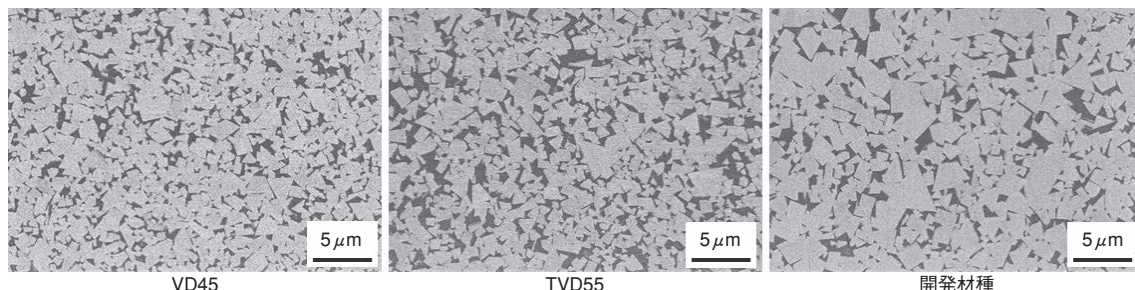


図3 各材種の SEM による合金組織の観察例

モータコア金型向け開発材種

当社では、近年増加しているモータコア金型の分野において、先に紹介した V シリーズ超硬合金のラインナップを用意しており、なかでも VD45 や TVD55 は多くの顧客に使用いただいている。VD45 と TVD55 を比較すると、耐摩耗性は VD45 が、研削後の耐チッピング性は TVD55 が優れる。

耐摩耗性と耐チッピング性は反比例の関係にあるが、VD45 に近い耐摩耗性を有しつつ、耐チッピング性をさらに向上させた新材種の開発に成功した（開発コード Z132R：以下、開発材種）。開発にあたっては先に述べた特性以外に、破壊靱性と放電加工に適しているか否かを判断する 1 つの指標として用いられる放電加工後の強度に着目した。

図 3 に、VD45、TVD55 および開発材種の走査型

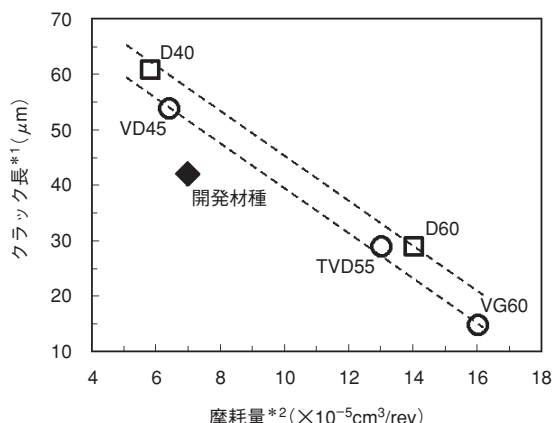


図 4 各材種のクラック長と摩耗量との関係

- *1: ピッカース硬さ測定時の圧痕の隅に生じたクラック長。ピッカース圧子の圧入荷重は 294 N。
- *2: 荷重は 10 kgf とし、ASTM B661-85 に準拠した。

電子顕微鏡 (SEM) による合金組織の観察例を示す。VD45 および TVD55 は、細粒～中粒の WC 粒子がベースの合金であるが、開発材種はそれらと比較して、WC 粒子の平均粒径がやや大きい。

図 4 に、ピッカース硬さ測定時に生じる圧痕の隅のクラックの長さとの関係を示す。一般的に、クラック長と摩耗量との間には反比例の関係があるが、同図から、開発材種は VD45 に近い摩耗量でありながら、クラック長は VD45 より短く破壊靱性が高いことがわかる。

さらに、研削による耐チッピング性の評価を図 5 に示す。これは平面研削盤を用いて加工した、各材種の刃先先端の SEM による観察例である。刃先は 20° のシャープエッジとした。5 視野における最大チッピング幅の平均は VD45 > 開発材種 > TVD55 であった。この結果から、開発材種は VD45 と同程度の摩耗量であるにもかかわらず、研削加工でのチッピング量が少なくなると考えられる。

次に、放電加工後の強度の評価を行った。強度の指標には、3 点曲げによる抗折力を用いた。図 6 に、研削加工での抗折力、放電加工で荒仕上げおよび精密仕上げ後の抗折力を示す。一般的に同一 Co 量のもとでは、WC 粒子の平均粒径が大きくなると抗折力は低下する。開発材種は VD45 および TVD55 と比較すると WC 粒子の平均粒径が大きいいため、研削加工での抗折力が低くなる。しかし、放電加工で荒仕上げ後の抗折力は、開発材種の方が VD45 や TVD55 よりも高く、精密仕上げ後の抗折力においても開発材種が VD45 よりも高い。これは、開発材種の方が放電加工時に生じるマイクロクラックの進展が抑制されることを示す。

先に述べた耐チッピング性と合わせると、開発材種

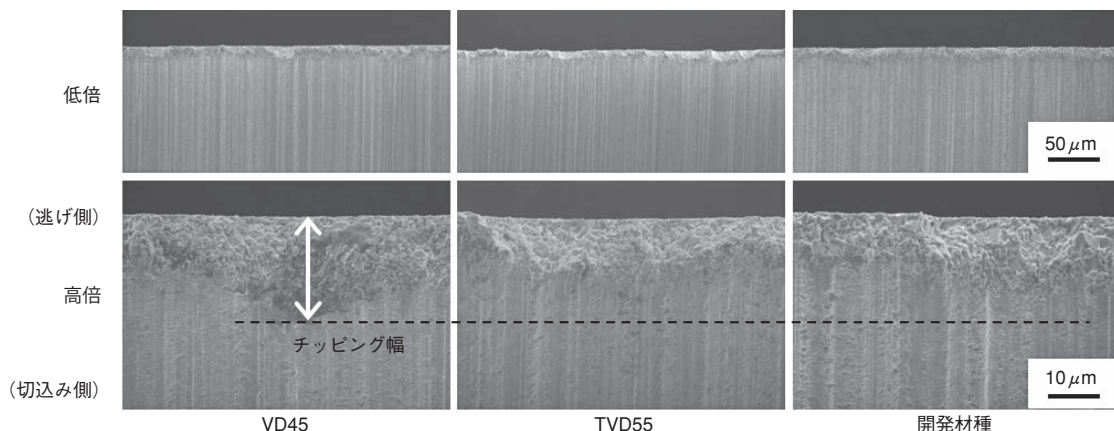


図5 各材種のチップ幅のSEM観察結果

はモータコア金型の製作において形状精度と寿命の向上に寄与することが期待される。

☆

本稿では、放電加工に適した超硬合金のラインナップ、および近年急増しているモータコア金型向け開発材種 Z132R を紹介した。開発材種に関しては、ワイヤ放電加工後の耐食性などのデータを今後取得する予定である。加えて、当社では超硬合金以外にも、放電加工用の電極材である銅タングステンも製造・販売している。今後も顧客のニーズ、目的を満たす材料開発を行うことで、顧客の生産性向上やモノづくり技術の発展に貢献していきたい。

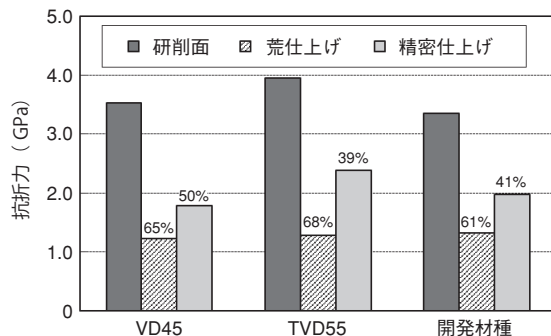


図6 各材種における研削面および放電加工による荒仕上げ、精密仕上げ後の抗折力

*棒グラフ上の数値は研削面の抗折力からの低下率を示す

『工場管理』5月号 ★好評発売中!!

定価1420円(税込)

特集 人手不足時代で勝つ! 究極の人材活用戦略

- はじめに.....藤井春雄
- ①職場活性化のための採用戦略.....高木裕子
- ②モチベーション向上には、良いコミュニケーションが必須.....藤井春雄
- ③失敗しない社員教育.....緒方雪子
- ④メンタルヘルスの問題を、職場改善・活性化への好機へとつなげたい.....碓 由美子
- ⑤女性の活躍.....大澤美紀
- ⑥高齢者の活用.....鈴木宣二
- ⑦外国人の活用.....大平一哉
- ⑧外部資源を活用した人材育成と快適職場づくり.....杉本和夫

- ◆短期集中連載
- つながる制御システムをサイバー攻撃から守る・1回
制御システムにおけるセキュリティインシデントとは
.....JPCERTコーディネーションセンター 中谷昌幸

特別企画 再点検! 物流マネジメント

- 結論.....
- 最新の輸送を取り巻く環境変化と国の施策
～工場管理者が必ず知っておくべき重要ポイント～
.....Kein物流改善研究所 仙石恵一
- 解説.....
- 今後の物流アウトソーシングのあり方.....エイチ・アイ・プランニング 岩崎仁志
- 事例.....
- ①運送事業者の負担を軽減することが荷主・着荷主の物流最適化につながる.....三菱自動車工業 瀬占佳之
- ②需給最適化を達成するバリューチェーンの仕組み
.....吉河物流 大原欽也

- ◆新連載
- 工場物流進化論～物流変革時代を乗り切るヒント～・1回
今、物流で何が起きているのか.....Kein物流改善研究所 仙石恵一
- 解決! IoTお悩み相談室・1回
IoTで収集するデータの種類.....アマイ 山田浩真

日刊工業新聞社 出版局販売・管理部 ☎03(5644)7410