

## 第32回 日本金属学会技術開発賞 「高靱性・高耐食粉末ハイスSPMR8の開発」

当社は、社団法人日本金属学会より、「高靱性・高耐食粉末ハイスSPMR8の開発」に対して、第32回技術開発賞を受賞した。本賞は、創意あふれる研究開発を推奨する目的で、金属工業ならびにこれに関連する新技術・新製品などの独創的な技術開発に携わった技術者に対して授与される賞である。以下に、このたびの受賞技術について紹介する。



日本金属学会技術開発賞碑

### 1. 開発の背景

近年、塑性加工部品におけるニアネットシェイプ化や被加工材の高強度化に伴い、これらの塑性加工に用いる金型や工具用の材料として従来の冷間ダイス鋼SKD11 (1.5%C-12%Cr-1%Mo-0.2%V) では対処できない場合が増えている。その中でも高靱性・高強度・高耐摩耗性が必要とされる金型・工具に対しては、汎用粉末ハイスが

広く用いられており、相当鋼として弊社ではSPM23 (1.3%C-4%Cr-5%Mo-3%V-6%W) を保有している。しかし、金型に対する加工環境は更に苛酷化する傾向にある。例えば冷間プレス用途においては、ハイテン使用量の増加あるいはさらに高強度なハイテンの適用、および形状の複雑化により、より高い強度と靱性を有する金型が求められている。また、プラスチック成形用途では、樹脂の高機能化のための特殊難燃剤の添加がもたらす成形機部品の腐食や、樹脂の強化材となるガラス繊維の増量による金型の摩耗がともに厳しくなり、耐久性向上に対する要求が高まっている。

これらのニーズに対して、SPM23の持つ優れた強度特性、耐摩耗性に加え、靱性と耐食性も大幅に向上させた新しい粉末ハイスSPMR8を開発した。図1には、靱性と耐食性を指標としたSPMR8の位置付けを示す。SPMR8のキーテクノロジーは、耐食性と靱性を劣化させる炭化物を低減し、かつ、その炭化物を微細に晶出および析出させたことである。そのため、従来の粉末ハイスで多量に添加されているMo、V、Wなどの炭化物形成元素のバランスを見直し、当社の真空溶解と不活性ガスアトマイズによる低酸素かつ高純度な金属粉末製造技術と、それに続く粉末成形と圧延プロセスの最適な組合せを図っている。

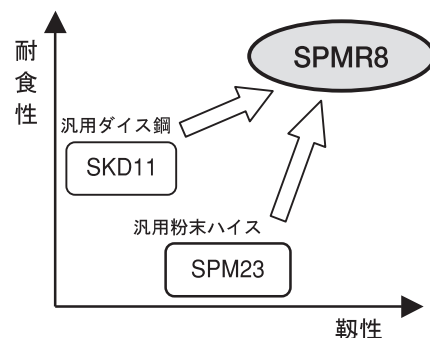


図1 SPMR8の位置付け

## 2. 課題と開発の方向性

### 2.1 プラスチック成形機スクリューにおける課題

近年の自動車部品・電子部品への適用拡大に伴い、プラスチックの高機能化が進んでいる。強度向上のためガラス繊維を添加したり、耐熱性向上のため難燃剤を添加したりするため、汎用粉末ハイスSPM23製のスクリューでは早期に腐食摩耗が発生する場合があった。

また、プラスチック成形機メーカーからは生産性向上を狙った高トルク・高回転の設計を実現するため、スクリュー素材の高靱性化・高強度化が求められていた。そこで、これらの課題に応えるべく、合金成分の検討を行った。

### 2.2 損傷状態の検証と現状把握

図2に、ガス腐食試験結果を示す。スクリューの腐食摩耗環境を再現するため、樹脂と腐食性ガスを発生する難燃剤を高温(300℃)・高圧(80atm)に保持した環境下で、鋼材を2時間保持する試験<sup>1), 2)</sup>を行った。SPM23では炭化物周辺での隙間腐食を起点とするピットが大きく深く成長する傾向が見られたが、Cr増量によりマトリックスの耐食性を向上させ、その他の炭化物生成元素を低減して粗大炭化物を抑制した改良鋼では、炭化物の脱落が確認されたものの、大きなピットの発生やマトリックスの全面腐食はほとんど認められなかった。これにより、汎用粉末ハイスに比べ、腐食起点となる炭化物を低減し、かつマトリックスの耐食性を高めることで、腐食摩耗が生じにくいことが確かめられた。

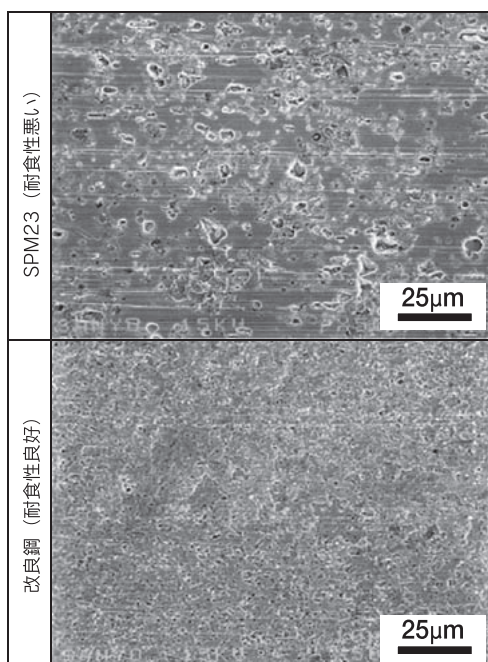


図2 高温ガス腐食試験片の表面損傷状況

### 2.3 開発のポイント

ガス腐食試験の結果に基づき、SPMR8は、腐食の起点となる炭化物の低減と組成を適正化すると共に、マトリックスの耐食性に寄与するCr,Mo,Coなどの合金添加量を最適化した合金設計により、耐食性の改善を行った。同時に、炭化物の低減により大幅な靱性の向上、炭化物組成の適正化により耐摩耗性を確保している。

## 3. SPMR8の材料特性

### 3.1 ミクロ組織

焼入焼戻状態(焼入れ：1100℃,空冷→焼戻し：550℃,空冷×3回)のSEM反射電子像によるミクロ組織を図3に示す。靱性や耐食性に有害な粗大な $M_7C_3$ 型炭化物の大きさや分散状態を適切に制御し、また微細なMC型炭化物をマトリックスに析出させたミクロ組織となっている。さらに、Cr等の増量およびCoの添加によりマトリックス自体も高耐食化、強化している。

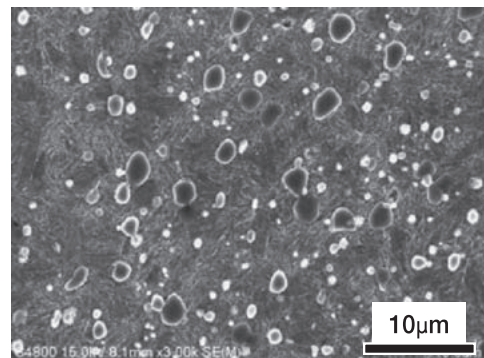


図3 SPMR8の焼入焼戻ミクロ組織

### 3.2 焼入焼戻硬さ

推奨熱処理条件はSPM23と同じ、焼入れ1050～1150℃、焼戻し500～560℃である。図4に、SPMR8を1100℃で焼入れ後、各温度で焼戻した際の硬さを示す。SPMR8は、高温焼戻しにより約66HRCの硬さが得られる。

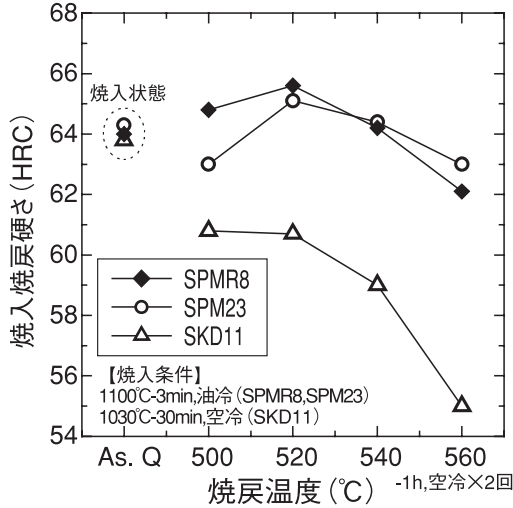


図4 焼入焼戻硬さ

なる。これは、疲労破壊起点となる炭化物の低減、微細化によるものである。なお、当社の真空溶解と不活性ガスアトマイズによる低酸素高純度粉末を用いることも、疲労強度の安定性向上に寄与している。SPMR8を適用することで、割れ・欠けなどを抑制して、金型の寿命改善が期待できる。

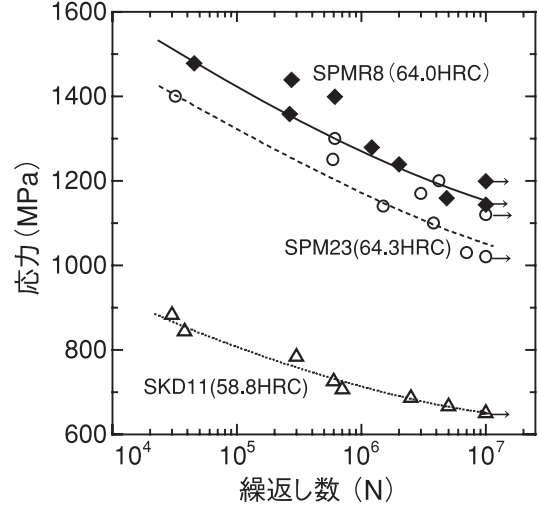


図6 回転曲げ疲労強度

### 3.3 衝撃特性

図5に、硬さとシャルピー衝撃値の関係を示す。炭化物の低減および微細化により、SPMR8の衝撃値は、約60HRCでSKD11の5倍以上、約64HRCではSPM23の2倍以上という画期的な衝撃特性を有する。

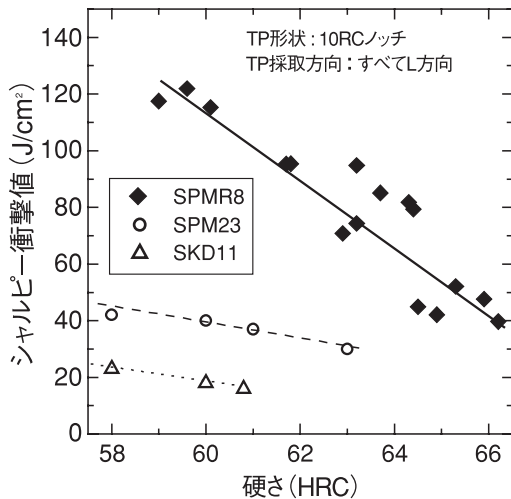


図5 硬さとシャルピー衝撃値の関係

### 3.5 耐食性

各種酸環境における耐食性を評価するため、2.2節で示したガス腐食試験と相関の良い浸漬試験を行った。その結果を、図7に示す。SPMR8は、特にプラスチックの難燃剤として添加されているハロゲン系やリン系などの酸環境に対して優れた耐食性を有する。これは、腐食起点となる炭化物低減とCr, Mo, Co等の合金元素増加によるマトリックスの耐食性改善によるものである。本改善により、プラスチック成形機部品の早期腐食摩耗を抑制できる。

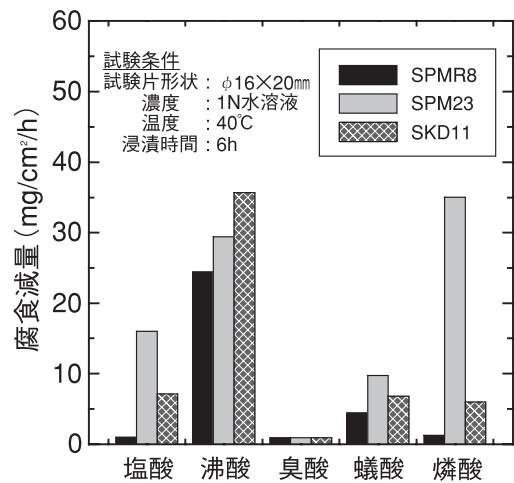


図7 各種酸における浸漬試験結果

### 3.4 回転曲げ疲労強度

図6に小野式回転曲げ疲労試験結果を示す。SPMR8は、いずれのサイクル域においても、同等硬さのSPM23以上の疲労強度を有し、10<sup>7</sup>疲労強度はSPM23に対して約10%向上、SKD11に対しては70%以上の大幅な向上と

## 4. まとめ

SPMR8は、汎用粉末ハイスSPM23相当の硬度・耐摩耗性を維持しつつ、靱性と耐食性を大幅に向上させた粉末ハイスである。炭化物の微細化とマトリックスの耐食性向上を狙った合金成分の最適化と、当社粉末プロセスの適用により卓越した靱性と耐食性を実現している。また、約66HRCの最高硬さが得られ、疲労強度にも優れる。

SPMR8は、冷間加工用金型および工具などの幅広い用途への適用が可能であり、金型使用中の早期割れ・欠けの発生や異常な腐食摩耗の発生を抑制し、金型寿命を改善することで、コスト削減や省エネルギー化に大きく貢献することが期待できる。

現在、プラスチック射出成形機用スクリュー、ハイテンの打抜きパンチ、冷間加工用マンドレルなどに採用されており、今後さらなる用途拡大が期待される。

### <SPMR8の主な用途>

冷間鍛造、ファインブランキング、打抜き・絞りなどのパンチおよびダイ、各種冷間工具（マンドレル、ロールなど）、プラスチック押出・射出成形機用部品（スクリューなど）

### <特許>

3件出願中、うち1件が登録済み

### 参考文献

- 1) 上田 順弘, 佐藤 幸弘: 型技術, 12(1997)10, 79.
- 2) 佐藤 幸弘, 増井 清徳: 防錆管理, 34(1990)9, 5.