

高靱性・高耐食粉末ハイス SPMR8 の開発

清水 敬介¹⁾ 春名 靖志²⁾
西川 俊一郎³⁾ 馬野 則之⁴⁾

1. はじめに

近年、塑性加工部品におけるニアネットシェイプ化、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、工具においては、汎用粉末ハイス (例えば弊社での鋼種名は SPM23 (1.3% C-4% Cr-5% Mo-3% V-6% W)、以下 SPM23 と称す) が広く用いられている。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り、例えば冷間鍛造用途においてはハイテンの増加や形状の複雑化により、より高い強度と靱性が求められている。また、プラスチック成形用途では、樹脂の高機能化に伴う、特殊な難燃剤の添加による成形機部品の腐食や、強化材となるガラス繊維添加量の増加による摩耗が、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 の優れた強度特性、耐摩耗性に加え、靱性と耐食性を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、SPMR8 の靱性と耐食性から見た位置付けを示す。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させるため、従来の粉末ハイスで多量に添加されている Mo, V, W などの合金元素の添加量を見直すとともに、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と、粉末成形、圧延プロセスの組合せにより、炭化物を微細に析出

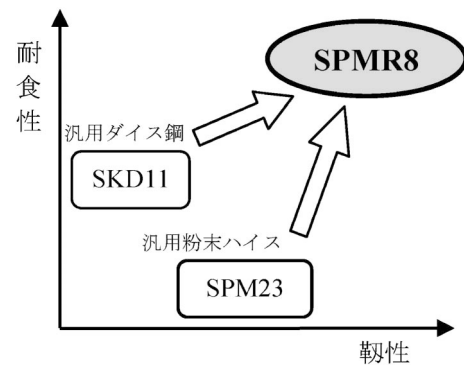


図 1 SPMR8 の位置付け。

させる技術である。

2. 課題と開発の方向性

(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するため、汎用粉末ハイス SPM23 製のスクリューでは早期の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、高強度化の要求も受けていた。そこで、これらの課題に応えるべく、SPMR8 を開発した。

(2) 損傷状態の検証と現状把握

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°C) ・高圧 (80 atm) 環境下で 2 時間保持するガス腐食試験⁽¹⁾⁽²⁾を行った結果を図 2 に示す。SPM23 では炭化物周辺での隙間腐食とピットが試験片の全面で進行する傾向が見られたが、耐食性の良好な改良鋼では、炭化物周辺での隙間腐食による炭化物の脱落が確認

* 山陽特殊製鋼株

研究・開発センター 高合金鋼グループ: 1) 研究員 2) グループ長
粉末事業部 開発営業部 営業グループ:

3) マネージャー 4) グループ長

Development of PM High Speed Steel with High Toughness and Corrosion Resistance; SPMR8; Keisuke Shimizu, Yasushi Haruna, Syun-ichiro Nishikawa, Noriyuki Umamo (Sanyo Special Steel Co., Ltd.)

2008年10月31日受理

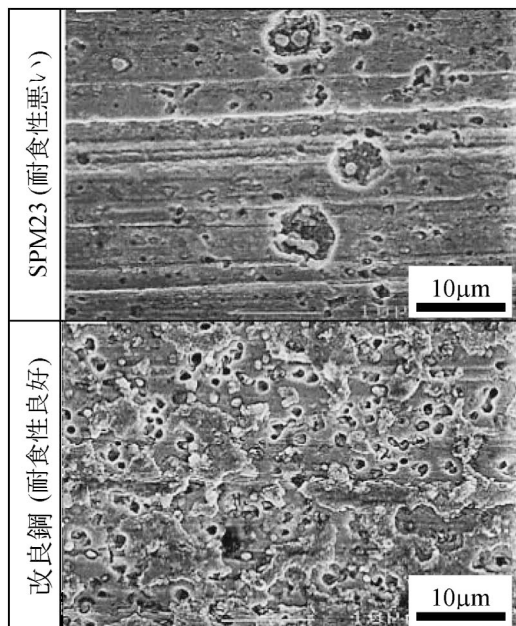


図2 高温ガス腐食試験片の表面損傷状況。

されたが、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。これより SPM23 では腐食起点となる炭化物を多量に含む上、マトリックスの耐食性でも劣るため、早期の腐食摩耗に至ったものと言える。

(3) 開発のポイント

ガス腐食試験の結果より、SPMR8 の合金設計としては、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 などの合金添加量の最適化を行うことで、耐食性の改善を行った⁽³⁾。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

(1) ミクロ組織

焼入焼戻し状態(焼入：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 Cr 系炭化物の大きさや分散状態を制御して、微細な Mo, V 系炭化物をマトリックスに析出させると共に、Co 等の添加によりマトリックス自体も強化することで要求特性を兼備させている。

(2) 焼入焼戻し硬さ

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。SPMR8 を1100℃で焼入れた際の焼入焼戻し硬さを図4に示す。SPMR8 は、高温焼戻し(520℃)により約66HRCの硬さが得られる。

(3) 衝撃特性

図5にシャルピー衝撃試験結果を示す。炭化物の低減および微細化により、SPMR8 の衝撃値は、約60HRCで

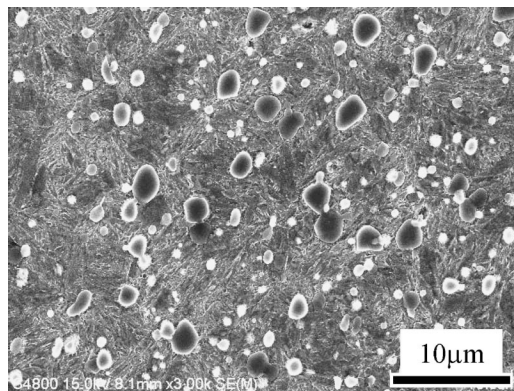


図3 SPMR8 の焼入焼戻しミクロ組織。

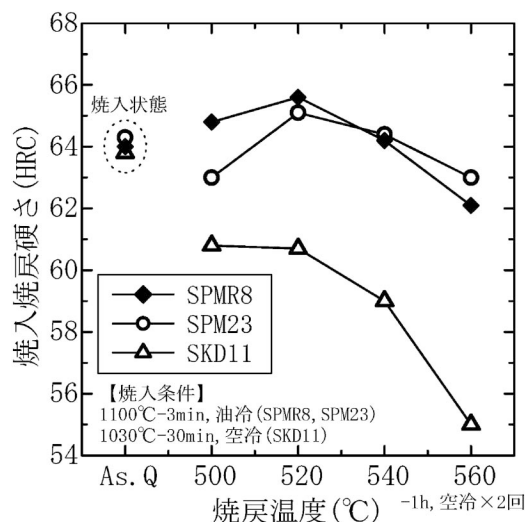


図4 焼入焼戻し硬さ。

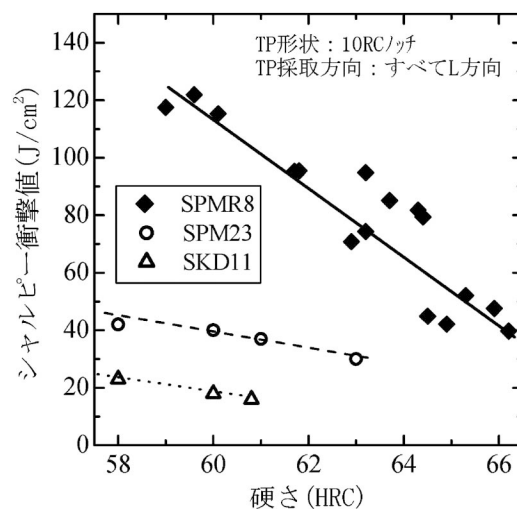


図5 シャルピー衝撃値。

SKD11 の5倍以上、約63HRCで SPM23 の2倍以上と、画期的な衝撃特性を有する。

(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

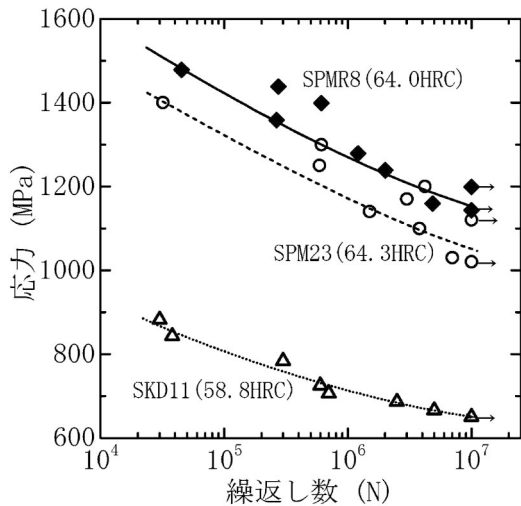


図6 回転曲げ疲労強度.

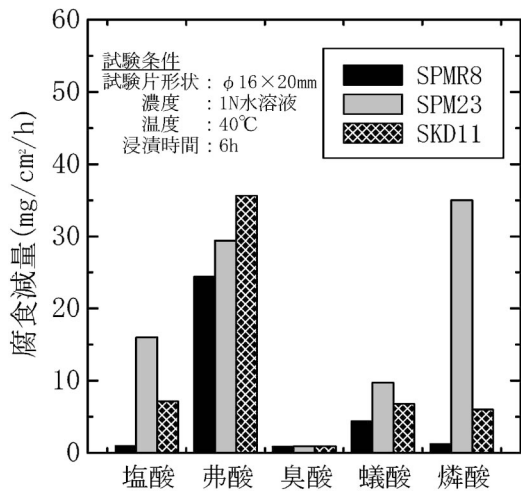


図7 各種酸における浸漬試験結果.

疲労強度を有し、 10^7 疲労強度は SPM23 に対して約10%向上、SKD11 に対しては大幅な向上となる。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。このため、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。

(5) 耐食性

各種酸環境における耐食性の評価法として、ガス腐食試験とよく相関が見られた浸漬試験を行った。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、リン系などの酸環境に対して優れた耐食性を示す。これは、腐食起点となる炭化物低減とマトリックス中の Cr, Mo, Co 等の合金元素増加による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。

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、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できることが期待される。

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)

5. 特 許

3 件出願中、うち 1 件が登録済み。

文 献

- (1) 上田順弘, 佐藤幸弘: 型技術, **12**(1997), 79-86.
- (2) 佐藤幸弘, 増井清徳: 防錆管理, **34**(1990), 309-316.
- (3) ステンレス鋼便覧, 第 3 版, 336-341.