高硬度・高靱性冷間工具鋼「QCM 8」の開発

阿部 源隆¹⁾ 中村 秀樹²⁾ 調 英夫³⁾

1. 開発の背景

冷間金型用工具鋼の所要特性には、耐摩耗性、靱性、耐圧縮強度、耐疲労強度、焼入性、軟化抵抗性、被削性、表面処理性、等がある。これら特性の中で、金型の寿命に対し、とくに重要な特性は、高硬度使用域における耐摩耗性と靱性であり、両特性は、相反する傾向にある。

従来、金型の材質選定は、靱性を犠牲にし、主として、耐摩耗性を中心になされてきた。しかし、最近の塑性加工技術の急速な進歩は、金型の使用条件をますます苛酷にしており、耐摩耗性と共に靱性をバランスさせた信頼性の高い工具鋼の開発ニーズが高まってきている。

2. 開発の目標設定

上記ニーズに対し、とくに靱性の向上を意図し、各種のマトリックス系工具鋼や粉末ハイスなどが開発されてきている。たとえば、マトリックス・ハイスは、高硬度(HRC 60以上)において最高の靱性値を有する工具鋼として注目されている。しかし、冷間金型用工具鋼の中で最も代表的な SKD 11 と比較し、とくに、下記点において問題がある。

- (1) 耐摩耗性が劣る。
- (2) 熱処理コスト、および素材コストが高い(とくに高温焼入れが必要であり、熱処理コストが高い)。

よって、SKD 11 等のダイス鋼の熱処理条件を前提として、図 1 の開発目標を設定した。

すなわち、合金工具鋼の中で、最高水準の耐摩耗性(SKD 11 以上)と最高水準の靱性(マトリックス・ハイス

図 1 各種工具鋼の耐摩耗性と靱性の関係および開発目標。

* 山陽特殊製鋼株式会社

1) 技術研究所主任研究員 2) 技術開発部開発管理課係長

3) 技術研究所研究員

Development of Cold Tool Steel with High Hardness and High Tenacity; G. Abe, H. Nakamura, H. Shirabe (Sanyo Special Steel Co., Ltd.)

1986年1月28日受理

以上)を合せ有する画期的な、かつ経済的な工具鋼の開発にある。

なお開発前提とした熱処理条件は、下記による

○焼入れ温度………1050℃以下とする。

(とくに熱処理コストと熱処理変形を考慮)

○焼もどし温度………500℃以上とする。

(とくに金型温度上昇時の金型寸法の安定性、放電加工時の割れ、変形等への対応を考慮)

3. 開発の経過

SKD 11 の焼入れ時の組成は、概略下記のとおりであり、とくに共晶炭化物を、約 15% 以上含有していることが知られている。

○共晶炭化物……… M_7C_3

○マトリックス組成………0.5%C-6~7%Cr-0.5~0.8%Mo-0~0.3%V

共晶炭化物は、耐摩耗性の向上に対し有効であるが、粗大偏析するため、靱性を大幅に劣化させる。すなわち、靱性を向上させるには、この共晶炭化物を極力少なく、かつ微細・均一に分散させることが考えられ、前記したマトリックス・ハイスに代表される各種のマトリックス鋼が開発されている。

しかし、これら既存開発工具鋼の欠点は、靱性は向上するものの、耐摩耗性が従来鋼より劣ることにある。耐摩耗性を付与するには、高硬度の炭化物を析出させることが発想されるが、靱性を含めての定量的な考え方は、いまだ確立されていない。

著者らは、前記の苛酷な前提条件の中で、試行錯誤を繰り返し、ようやく既存合金工具鋼中、最高水準の耐摩耗性と靱性を兼備し、かつ経済的な最適構成成分を知見することが出来た。

その代表成分は、0.8%C-0.9%Si-0.4%Mn-8.5%Cr-1.9%Mo-0.6%V および不純物成分として、 $S \leq 0.005\%$, $O \leq 12 \text{ ppm}$ である。

当開発工具鋼、QCM 8 の焼もどし・硬さ特性を図 2 に、そのマイクロ組織を図 3 に示す。

QCM 8 は、SKD 11 と同一条件の焼入れ・焼もどし処理において、HRC 60 以上の高硬さが、容易に得られ、かつ微細炭化物が、均一に分散したマイクロ組織を呈している。また、炭化物組成は、高硬さで耐摩耗性の良好な Mo 炭化物(Mo_2C : 約 Hv 1800)、V 炭化物(V_4C_3 : 約 Hv 2800)や Cr を含む複合炭化物からなっていることが判明している。

すなわち、QCM 8 が、耐摩耗性と靱性の両特性をバランスさせたのは、焼入れ時のマトリックス組成と、その後の高温焼もどし処理時に析出する炭化物組成に対して、最適な構成成分を知見し、設定出来たことにあり、さらに有害な介在物を極少とし、その特性を一層向上さ

図2 焼もどし硬さ特性.

図3 QCM 8の焼入焼もどしマイクロ組織(×400×45)。

せている。なおその最適成分範囲は狭く、高め、低めとも、各特性のバランスが、劣化することを確認している。

4. QCM 8の特性

(1) 靱 性

図4に、硬さとシャルピー衝撃値の関係を示す。QCM 8は、下記のとおり、高硬さと高靱性の最もバランスした工具鋼であることがわかる。

○既存の各種工具鋼の中で、高硬さで最高の靱性を有しているといわれるマトリックス・ハイスと、同等以上の靱性値を示す。

○冷間金型用工具鋼として代表的な SKD 11 や高速度工具鋼として代表的な SKH 51 と比較し、約4倍の高靱性を示す。

なお上記動的靱性のほか、静的靱性(抗折試験や圧縮試験)においても、優れた結果を得ている。

図4 硬さとシャルピー衝撃値の関係.

(2) 耐摩耗性

図5に、大越式摩耗試験の結果を示す。

○QCM 8は、同等の高靱性値を示すマトリックス・ハイスの2倍以上の耐摩耗性を示す。

○SKD 11より優れ、W, Mo, V等の高合金成分を多量に含むSKH 51に近い耐摩耗性を示す。

図6、図7に、各鋼種で製造した冷鍛パンチで、SUS 304の板材を打抜いた時のパンチ先端の摩耗状況と、板材のブランクバリ高さを示す。

QCM 8は、実機テストにおいても、SKD 11より非常に優り、SKH 51に近い摩耗特性を有していることが、確認されている。

(3) 耐圧縮強度

図8に、QCM 8とSKD 11の圧縮試験結果を示す。QCM 8は、破断応力、総変形量とも、優れた特性を示している。

図5 大越式摩耗試験結果(硬さ: HRC 60~61)。

図6 打抜き数と摩耗面積の関係.

図7 打抜き数とブランクバリ高さの関係.

図8 圧縮強さ(ひずみ速度:0.6%/s).

(4) 耐疲労強度

図9に、QCM 8とSKD 11の回転曲げ疲労試験結果を示す。QCM 8は、疲労限が大きく、優れた耐疲労強度を示している。

(5) その他の諸特性

○焼入れ性・熱処理変形・軟化抵抗性

SKD 11は、最も優れた焼入れ性を有する工具鋼の1つであるが、QCM 8は、更に良好な焼入れ性を示し、空冷処理が出来、熱処理変形も小さい。

また、軟化抵抗性も良好であり、金型表面のへたり・摩耗やヒートチェックも少ない。

○被削性・放電加工性

QCM 8は、粗大共晶炭化物が少ないことより、SKD 11やSKH 51と比較し、非常に良好な被削性を示し、かつ表面仕上げ性も優れている。

また最近、急速に普及しているワイヤーカット等の放電加工も安心して実施出来る工具鋼である。

○表面処理性

QCM 8は、各種窒化特性のほか、冷間金型の表面処

図9 小野式回転曲げ疲労試験結果。

理方法として注目されている炭化物被覆処理(VC, TiC等)用鋼として、最適な工具鋼である。

すなわち、炭化物被覆処理用鋼の所要特性として、とくに焼入温度・もどし温度・硬さ・靱性・熱処理変形等が重要であり、現在SKD 11が最も汎用されているが、硬さ・靱性上、問題が多い。

QCM 8は、これら特性を満足する工具鋼として認知され、急速に使用拡大されてきている。

5. 製造実績と将来性

以上のとおり、QCM 8は、合金工具鋼の中で、最高水準の耐摩耗性と靱性を有すると共に、冷間金型用工具鋼に必要とされるその他諸特性も兼備した工具鋼である。

開発以降、現在まで、500t以上生産し、各顧客先に納入されており、その画期的な諸特性と経済性が評価されるに従い、最近とくに、急速な伸びを示している。

なお、QCM 8は、冷間金型用のほか、前記諸特性を活用し、各種ホーミングロールやシャー刃、更には、エンジニアリング・プラスチック等の耐摩耗用プラスチック金型、その他各種用途向にも高評価を得ており、今後一層の普及拡大が期待される。

6. 特 許

出願中である。