

熱処理変寸制御性に優れる マトリックス冷間ダイス鋼 DCMX の開発

清水 崇行¹⁾ 井上 幸一郎²⁾ 関谷 篤³⁾

1. はじめに

自動車部材を成型する大型の冷間プレス金型は、大きなブロック材を多数組み合わせる1つの金型とすることが多い。そのため、熱処理によって発生する寸法変化(以後、熱処理変寸)が大きいと、ブロックが所定の位置に収まらず、多大な手間をかけ寸法修正を行う必要がある。従来、冷間プレス金型には、JIS SKD11 や、高温焼戻しでSKD11 対比高硬度が得られ表面処理を行う金型に適した 8Cr 系冷間ダイス鋼(以後、8Cr 鋼)が主に使用されてきた。これら既存鋼は、熱処理変寸挙動が鍛伸・圧延方向とその直角方向で異なり、例えば、図1に示すように、幅方向 W の寸法変化をゼロになるように焼戻し温度を調整しても、長さ寸法 L の寸法変化はゼロより大きくなるという熱処理変寸の異方性が認識¹⁾されていた。そこで、寸法修正の時間短縮・省略のため、熱処理変寸が制御しやすい、すなわち、熱処理変寸異方性が小さく、ブロック材のいずれの方向の寸法であっても寸法精度が達成可能な材料が望まれていた。

一方、自動車部材としてハイテン材の使用率が向上²⁾している。ハイテン材の成型では、金型の摩耗抑制やカジリ防止対策が重要となるため、金型用鋼には高硬度化が求められる。また、上記対策の1つとして、多く適用されている金型の表面処理の膜密着性向上のためにも、同様に金型用鋼には高硬度化が求められる。

そこで既存鋼 SKD11 や 8Cr 鋼と同等以上の金型特性を確保しつつ、熱処理変寸の異方性が極めて小さいマトリックス冷間ダイス鋼「DCMX」を開発した。

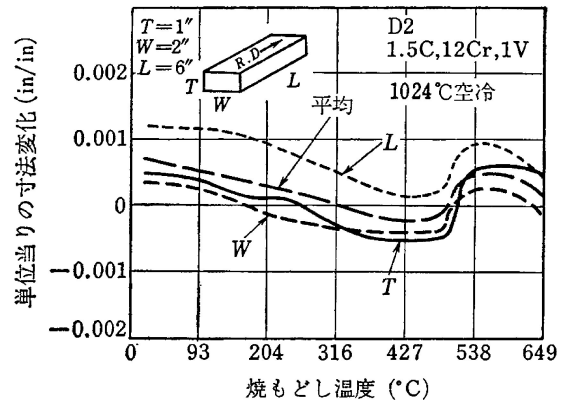


図1 ブロック材の各方向の変寸率変化¹⁾。

2. 開発のポイント

開発には、熱処理変寸の異方性に及ぼす素材要因を明確にする必要があった。炭化物を多く含む 12Cr レデプライト鋼 (1.7% C - 0.4% Si - 0.3% Mn - 12.0% Cr) では、晶出炭化物分布と熱処理変寸異方性に相関が見られるという報告³⁾がある。そこで、8Cr 鋼 (1% C - 1% Si - 8% Cr - 2% Mo) をベースに、C, Cr 添加量を調整することで、晶出炭化物面積率を変化させ、熱処理変寸の異方性を調査した結果を図2に示す。図の縦軸は、鍛伸方向を長さ方向とした直径 10 mm 長さ 50 mm の丸棒を、同一条件の焼入れを行い、直径と長さの熱処理変寸率 (= (熱処理後寸法 - 前寸法) / 前寸法) を示した。図2より、円相当直径 2 μm 以上の晶出炭化物面積率の減少に伴い、熱処理変寸率の直径と長さの差が小さくなり、熱処理変寸異方性が小さくなることがわかる。これは、鍛伸方向に伸びた形状や偏った分布の炭化物が、焼入れ冷却時にマトリックスの鍛伸方向を収縮させにくくするため⁴⁾と考えられる。

熱処理変寸異方性の抑制には、晶出炭化物面積率をおよそ 1% 以下、すなわち、マトリックス化が必要と判断した。これは、C, Cr 添加量による成分調整だけでなく、 casting 時に発生する晶出炭化物をマトリックス中に十分固溶させ、量を低

* 大同特殊鋼株式会社：
研究開発本部特殊鋼研究所先進材料研究部金型材料技術研究室
1) 副主任研究員 2) 室長
ステンレス・工具鋼事業部工具鋼営業部 3) 主任部員
Development of Cold Work Die Steel Matrix Type 'DCMX';
Takayuki Shimizu, Kouichiro Inoue, Atsushi Sekiya (DAIDO
STEEL Co., LTD.)
2009年11月2日受理

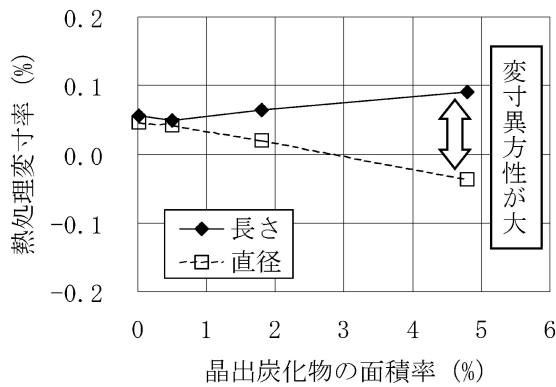


図2 変寸異方性への晶出炭化物面積率の影響。

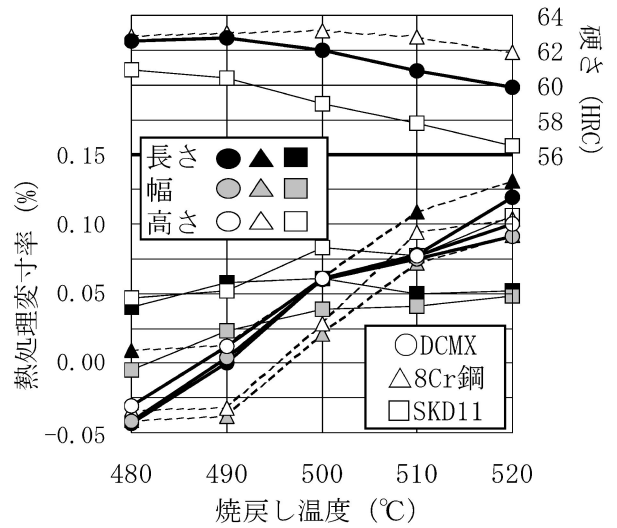


図4 変寸率と硬さの比較。

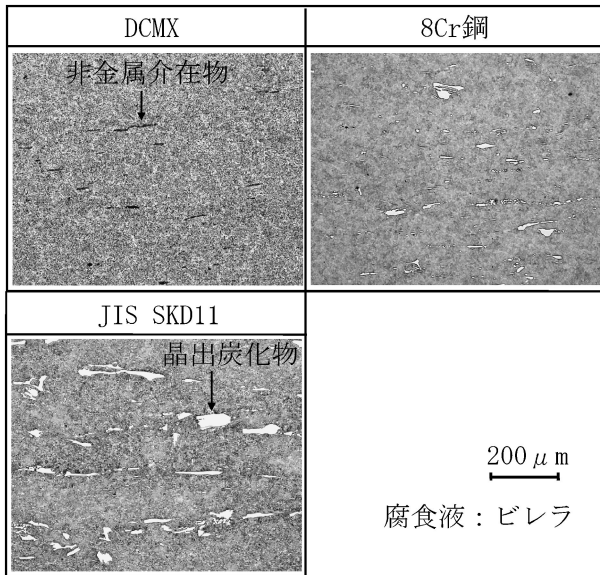


図3 光学顕微鏡観察写真。

減させる必要がある。そのため、均熱温度や時間、鍛造温度等を制御することでマトリックス化を達成している。図3に既存鋼と開発鋼の光学顕微鏡観察写真を示す。DCMXは、切削加工性の向上を目的とした非金属介在物が見られるが、粗大な晶出炭化物がほとんど存在しない均一な組織となっている。

3. 開発合金の諸特性

(1) 熱処理変寸制御性

図4に長さ150mm幅100mm高さ50mmのブロック材を1030°C焼入れ、480~520°C焼戻しし、各寸法の熱処理変寸率と硬さの測定結果を示す。DCMXは、いずれの焼戻し条件でも各方向の変寸率がほぼ同一であるため、熱処理変寸異方性が小さいことがわかる。さらに、DCMXの変寸率がゼロ付近となる490°Cの焼戻しで、8Cr鋼とはほぼ同程度の62HRCが得られる。よって、SKD11よりも高硬度を確保しつつ、焼戻し条件の調整により、熱処理前とほぼ同一寸法に制御することが可能である。

(2) 靱性

図5に鍛伸方向を試験片長さ方向とした10Rノッチ形状

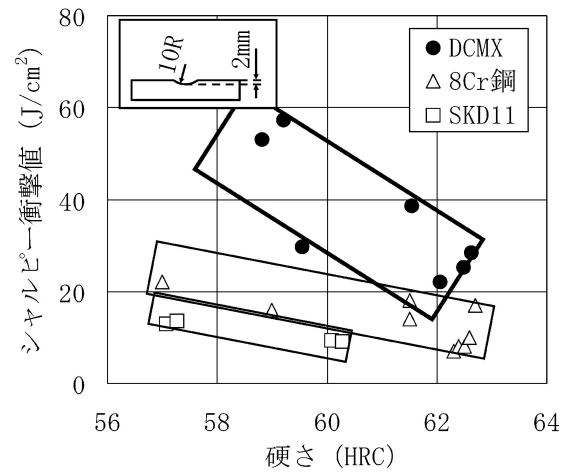


図5 衝撃特性の比較。

のシャルピー衝撃試験の結果を示す。破壊の起点となりやすい粗大な晶出炭化物が多く含まれる既存鋼に比べ、マトリックス化したDCMXの衝撃値は2倍程度高い。よって、摩耗等で寿命に至る前に、衝撃負荷により大割れが発生している金型には、開発鋼の適用で突発的なトラブルの低減が期待できる。

(3) 切削加工性

図6に熱処理後の高硬度材でのボールエンドミル加工試験結果を示す。炭化物はマトリックスに比べ硬度が高いため、切削工具刃先が炭化物に接触することで、刃先の摩耗やチップングが発生しやすくなる⁽⁵⁾と考えられている。マトリックス化と非金属介在物の存在により、切削条件によっては、DCMXはSKD11の10倍程度の切削工具の長寿命化が達成できる。よって、大型プレス金型のように切削除去体積が大きい場合には、切削工具費の大幅削減が期待できる。

(4) 耐摩耗性

図7に大越式摩耗試験結果を示す。試験条件によらず比摩耗量はほぼ硬さに依存する傾向が認められる。このため、変寸制御をしつつも高硬度が得られるDCMXは、SKD11よ

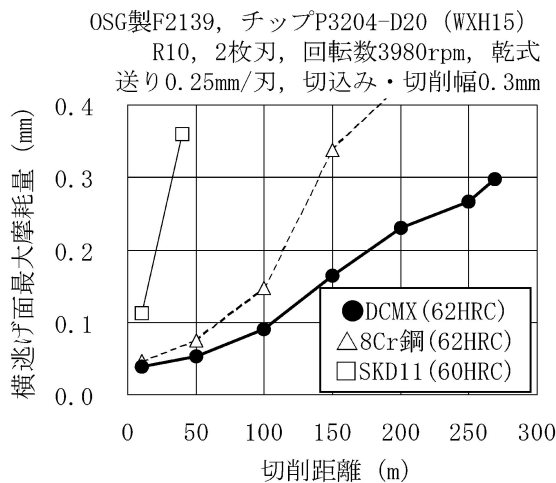


図6 切削加工性の比較.

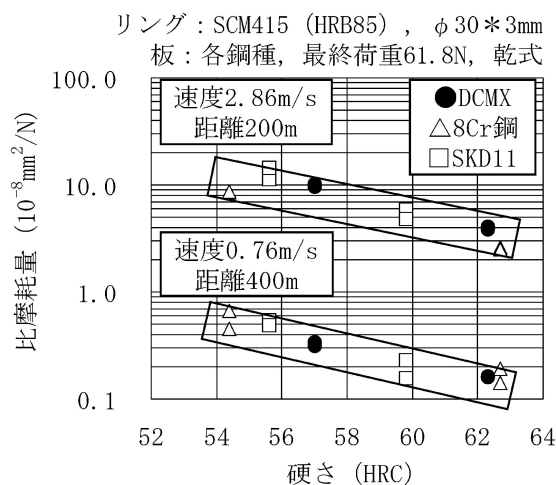


図7 耐摩耗性の比較.

りも耐摩耗性に優れている. よって, 被加工材の凝着というカジリが顕著な金型では, カジリによる摩耗抑制の期待ももてる.

4. 適用事例

受託熱処理メーカーで熱処理変寸の異方性を測定した結果を図8に示す. 様々な形状やサイズのサンプルが混在しているデータでありながら, 既存鋼に比べてDCMXは異方性が抑制されていることがわかる. また, 寸法差のバラツキも既存鋼より小さい. そのため, DCMXは高い寸法精度が達成しやすいとの評価を得ている.

板厚1.6mmの780MPaハイテン材に $\phi 10.2$ mmの抜き加工を行い, 1万ショット後のパンチ先端部の拡大写真を図9に示す. 既存鋼に比べて, DCMXは, パンチ先端部のチッピングが軽微になっていることがわかる. DCMXは破壊の起点になりやすい粗大な晶出炭化物が少ないため, チッピングを起こし難いと考えられる. 同様にハイテン材の成型金型で, DCMX適用によりチッピングを起こし難く, 長寿命化を達成したという複数の事例が確認されている.

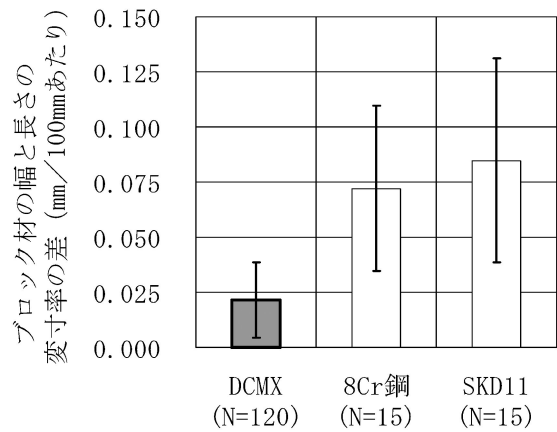


図8 熱処理変寸異方性の比較(調査数).

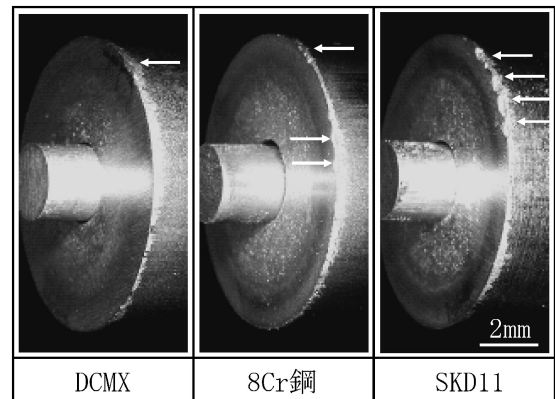


図9 パンチ先端部の拡大写真. 矢印はチッピング部分を示す

5. 今後の展開

開発鋼 DCMX は, 粗大な晶出炭化物の量を極めて低減するマトリックス化を実現し, これにより熱処理変寸制御性や切削加工性といった金型製造性を改善しつつ, SKD11 対比強度や靱性といった金型性能も向上させた特徴をもつ. 現在は主に自動車部材を成型する大型プレス金型に適用され, 高評価が得られてきている. 今後は優れた金型性能を生かして大型プレス金型以外への拡大も期待される.

6. 特許

本開発鋼については国内特許4403875号と他3件出願済み, また, 国外も1件出願済みである.

文献

- (1) D. D. Huffman, C. R. Wendell, 竹内 隼: 特殊鋼, 15 (1966), 38.
- (2) 小宮幸久: 神戸製鋼技報, 52(2002), 3.
- (3) G. Steven: Trans. ASM, 62(1969), 130.
- (4) 清水崇行, 井上幸一郎: 電気製鋼, 78(2007), 289.
- (5) 清水崇行, 尾崎公造: 電気製鋼, 76(2005), 229.