

# 冷間ダイス用高炭素—クロムモリブデン— バナジウム鋼 (SLD) の確性試験

小柴定雄\* 九重常男\*\*

## Study on SLD, a High Carbon-Molybdenum-Vanadium Steel (Cold Die Steel)

By Sadao Koshiha, D.S.E. and Tsuneo Kunō  
Yasugi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

The writer conducted laborious investigation into SLD, a cold die steel widely used for precise stamping and wringing tools, etc., for its deforming process, hardness after thermal treatment, hardenability, deformation rate, and microscopic structure. The informations on these characteristics, the writers believe, will surely be valuable as reference for all the user of this steel.

To summarize, the most suitable range of the hardening temperature runs from 950 to 1,000°C under oil cooling, and the tempering temperature from 200 to 400°C. The deformation rate amounts to 0.02 to 0.16% in diameter and 0.03 to 0.14% in length when the steel is tempered at 200 to 400°C after 950 to 1,000°C oil hardening. The writers added that the steel is assessed to have superior structure as its micrograph shows uniform distribution of carbide.

### 〔I〕 緒 言

精密打抜型用、搾出工具用あるいは捻子ローラ材として広く使用されている SLD 鋼の変態点、熱処理硬度、変形率、衝撃値および顕微鏡組織を調べ使用上の参考に供した。

### 〔II〕 実験結果

試料は 500 kg 鋼塊を吹製、これを 15 mm 角および 32 mm 丸に鍛伸して試料とした。その化学成分を第 1 表に示す。表に示すごとく SLD 鋼は冷間ダイス鋼として CRD 鋼 (C 2.0~2.2%, Cr 12~15%) と Cr はほぼ同等で C は CRD 鋼と SBD 鋼 (C 1.2~1.3%, Cr 1.0~1.3%, W 1.3~1.6%) のほぼ中間で、これに Mo および V を添加して強度の増大、結晶の微細化などをはかつたものである。

#### (1) 変態生起状況

15 mm 角試料を 7 mmφ×70 mm に旋削し本多式熱膨脹試験機にて加熱および冷却の際の変態生起状況を調

\* 日立製作所安来工場 工博

\*\* 日立製作所安来工場

べた。その結果を第 2 表に示す。なお加熱および炉冷の際の冷却速度は 5°C/min とし、空冷の場合の最高加熱温度は 950°C とした。

#### (2) 焼入温度と硬度との関係

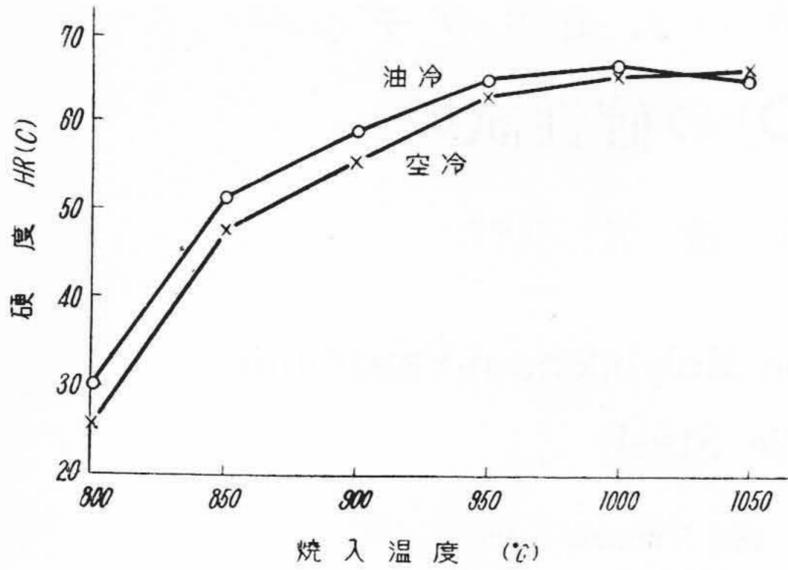
試料は 15×15×15 mm とし 800~1,050°C の焼入温度による硬度の変化を調べた。その結果を第 1 図 (次頁

第 1 表 試料の化学成分  
Table 1. Chemical Composition of Specimen

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
SLD	1.50	0.20	0.43	0.023	0.009	0.16	11.20	0.64	0.50

第 2 表 試料の変態点  
Table 2. Transformation Point of Specimen

	加熱変態		冷却変態 °C		
			炉冷		空冷
	開始	終了	開始	終了	開始
SLD	792	810	706	662	158



第1図 焼入温度と硬度との関係

Fig. 1. Relation between Quenching Temperature and Hardness

参照) に示す。図に示すごとく油冷の場合は焼入温度 1,000°C まで焼入温度の上昇するにしたがって硬度は高くなり、1,000°C で最高硬度を示す。空冷の場合は油冷の場合とほぼ同様の傾向を示すが、1,050°C でなお硬度は高くなる。以上より本鋼は油冷の場合 950~1,000°C の焼入温度が適当である。

(3) 焼戻温度と硬度との関係

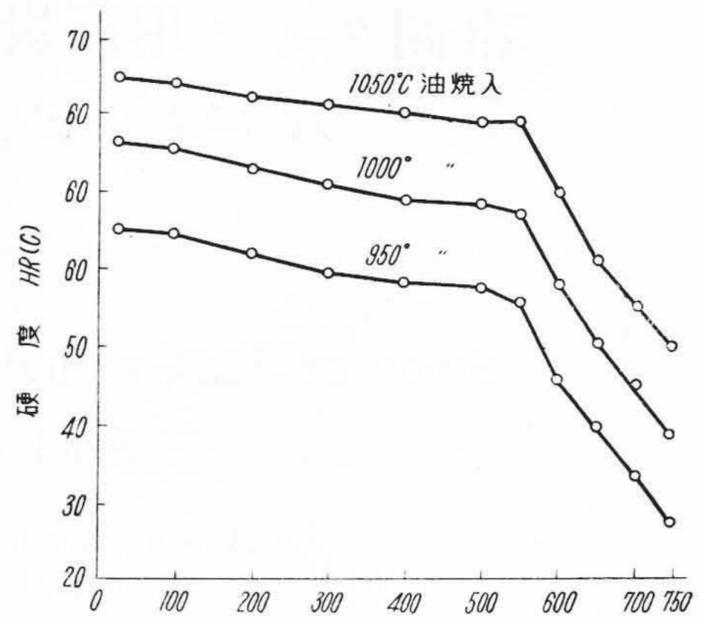
950~1,050°C に油焼入した試料を 100~750°C に焼戻して硬度を測定した。その結果を第2図に示す。なお各焼戻温度における保持時間は1時間とした。950°C 油焼入の場合は焼戻温度の高くなるにしたがって硬度は次第に低くなるが、焼戻温度 600°C よりやや急激に硬度は低下する。1,000°C 油焼入の場合は 950°C 焼入の場合と同様の傾向を示すが、硬度低下はやや緩慢である。1,050°C 油焼入の場合も同様の傾向を示すが、焼戻温度 550°C で硬度はやや高くなり二次硬化現象を示す。これは焼入温度の高いためオーステナイトが残留するためである。

なお焼戻温度による硬度低下は、1,050°C 焼入の場合が最も少ない。また本鋼は通常 HR(C) 58 以上の硬度で使用される。したがって焼戻温度は 200~400°C が適当である。

(4) 焼入性試験

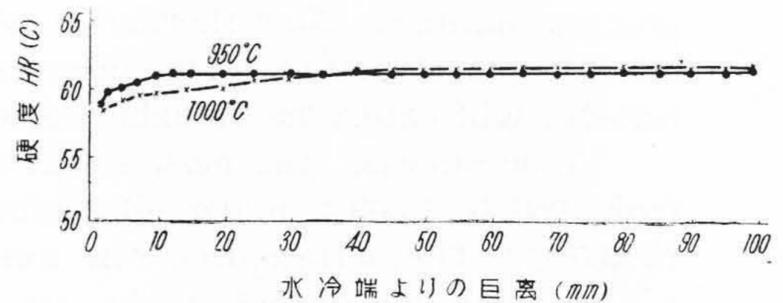
32mmφ 試料より 25mmφ×100mm のジョミニー試験片を製作し 950°C および 1,000°C の2種の温度のジョミニー試験を行った。その結果を第3図に示す。

950°C の場合は水冷端より約 10mm までは硬度はやや高くなり、10mm 以後水冷端よりの距離が大きくなっても硬度はほとんど変わらない。1,000°C の場合は水冷端より約 40mm まで硬度は次第に高くなるが、以後ほとんど硬度に変化はない。水冷端に近いほど硬度が低いのはオーステナイトが残留するため試験温度の高いほ



第2図 焼戻温度と硬度との関係

Fig. 2. Relation between Tempering Temperature and Hardness



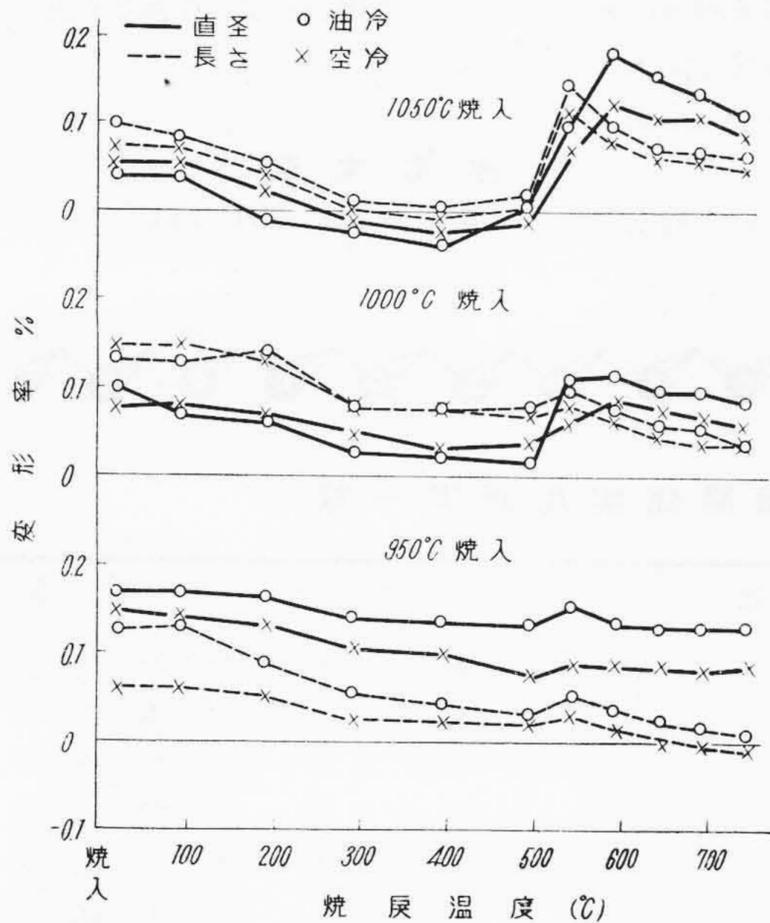
第3図 SLD 鋼の一端水冷試験結果

Fig. 3. Testing Results of One End Water Cooling of SLD Steel

ど著しい。以上より SLD 鋼は非常に焼入性の良いことがわかる。

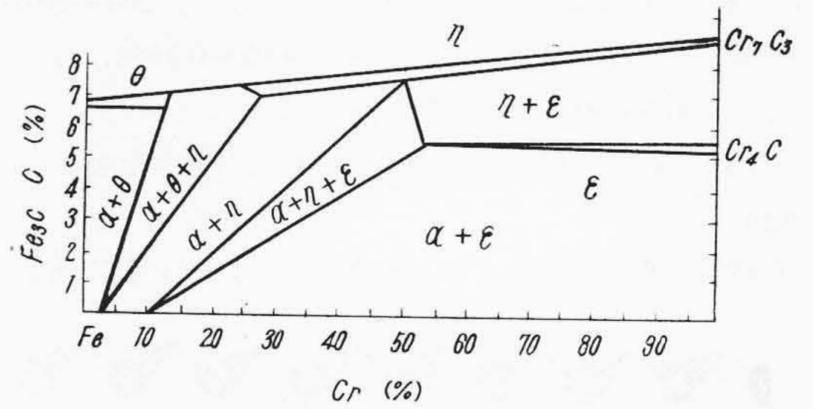
(5) 変形率

950~1,050°C 焼入による直径および長さの変形率ならびに 100~700°C の焼戻による変形率を調べた。その結果を第4図に示す。なお試料は 8mmφ×80mm の形状のものを使用した。950°C 焼入の場合は空冷および油冷とも直径の変形率が長さの変形率より大きい。しかして油冷の場合が空冷に比し大きい変形率を示す。つぎに焼戻変形率をみると、油冷および空冷の場合とも焼戻温度の高くなるにしたがって、直径および長さの変形率は小さくなるが、焼戻温度 550°C でわずかながら大きくなり山を生ずる。しかして各焼戻温度を通じ直径の変形率が長さの変形率に比し大きく、油冷の場合が空冷に比し大きい変形率を示す。1,000°C 焼入の場合は空冷および油冷とも長さの変形率が直径の変形率より大きい。焼戻変形率は直径の場合焼戻温度 500°C まで焼戻温度の高くなるにしたがって、変形率は次第に小さくなる。焼戻温度 550°C で油冷の場合は著しく大きくなり、以後焼戻温度の高くなるにしたがって、変形率は次第に小さくなる。空冷の場合は焼戻温度 550°C における膨脹は

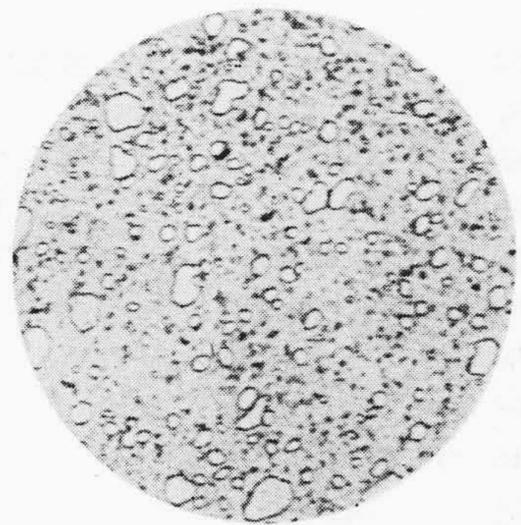


第4図 焼戻温度と変形率との関係  
Fig. 4. Relation between Tempering Temperature and Rate of Deformation

やや緩慢で 600°C まで大きくなり、以後焼戻温度の高くなるにしたがって、変形率は小さくなる。焼戻温度 500°C までは空冷の変形率が油冷に比し大きく、550°C 以上の焼戻温度においては油冷の場合が空冷に比し大きい変形率を示す。長さの変形率は各焼戻温度を通じ油冷および空冷間には大差なく、焼戻温度 550°C でやや大きくなる。1,050°C 焼入の場合は油冷および空冷とも長さ変形率より大きい。しかして直径においては空冷、長さの変形率が直径のにおいて油冷の場合がそれぞれ油冷および空冷より大きい変形率を示す。つぎに焼戻変形率は直径の場合油冷および空冷とも焼戻温度 400°C まで温度の高くなるにしたがって、変形率は次第に小さくなり焼戻温度 500°C より逆に大きくなる。しかして 550°C および 600°C の焼戻温度において著しく大きくなり、600°C で最大の変形率を示す。650°C 以後焼戻温度の高くなるにしたがって、変形率は次第に小さくなる。油冷および空冷間における変形率の大小は焼戻温度 400°C までは空冷の場合が大きく、500°C 以上の焼戻温度では油冷の場合が空冷に比し大きい変形率を示す。長さの変形率は油冷および空冷の場合とも焼戻温度 400°C まで温度の高くなるにしたがって、変形率は次第に小さくなり、500°C でやや大きくなり、550°C の焼戻温度で著しく大きくなる。600°C 以後は焼戻温度の高くなるにしたがって、変形率は次第に小さくなる。しかして各焼戻温度を通じ油冷の場合が空冷に比し大きい変形率を示す。



第5図 Fe-Cr-C 系合金の組織状態図  
Fig. 5. Structure Diagram of Fe-Cr-C System Alloy



第6図 SLD 鋼の顕微鏡組織  
×400 1,000°C 油焼入 200°C 焼戻  
Fig. 6. Microstructure of SLD ×400 1,000°C Oil Quenching, 200°C Tempering

#### (6) 顕微鏡組織

SLD 鋼は高炭素—高クロム鋼で他に Mo および V を約 0.5% 含有しているが組織的にはクロム鋼とみて大差ない。第5図に Fe-Cr-C 系合金の構成図<sup>(1)</sup>を示したが、SLD 鋼は α+η の二相よりなることがわかる。ここに η は (Cr, Fe)<sub>7</sub>C<sub>3</sub> の三方晶炭化物である。焼入、焼戻の熱処理により γ→マルテンサイト→トルスタイト→ソルバイトと変化し、A<sub>1</sub> 変態点に過して α+η となる。第6図に 1,000°C 油焼入、200°C 焼戻の顕微鏡組織を示したが、マルテンサイトの地に炭化物の点存する組織である。

### [III] 結 言

以上実験結果を要約するとつぎのごとくなる。

- (1) 冷間ダイス SLD 鋼について変態点、熱処理硬度、焼入性、変形率および顕微鏡組織を調べた。
- (2) 焼入温度は油冷の場合 950~1,000°C が適当である。
- (3) 焼戻温度は使用状態により多少異なるが、200~400°C が適当である。

(4) 変形率は 950~1,000°C 油焼入, 200~400°C 焼戻の使用範囲で, 直径において 0.02~0.16%, 長さにおいて 0.03~0.14% を示す。

(5) 顕微鏡組織は炭化物が一様に分布され良好な組織を示す。

終りに臨み本研究に熱心に従事された日立製作所冶金

研究所田中康平君ならびに山根吉長君に深甚なる謝意を表す。

参 考 文 献

(1) 村上, 初田: 鉄と鋼 18, 399 (1932)



日 立 製 作 所 所 有 鉄 鋼 金 属 関 係 実 用 新 案 一 覧

登録番号	名 称	工場別	考 案 者
353484	電気炉頂蓋吊上装置	日立工場	相 沢 武 夫
353987	高周波電気炉	日立工場	森 本 正 一
354068	炉体線輪冷却水排除装置	日立工場	中 村 熊次郎
354129	電気炉における移動櫓鎖錠装置	日立工場	相 沢 武 夫
354159	電気炉における櫓移動用軌条装置	日立工場	相 沢 武 夫
354186	電気炉用装入バケツト	日立工場	相 沢 武 夫
354259	高周波焼入装置	日立工場	中 村 熊次郎
354267	高周波焼入装置	日立工場	大 塚 一 政
359218	取鍋	川崎工場	江 口 音 植
371924	鑄型合せ用具	川崎工場	青 木 栄 一
371842	簡易銀砂回収器	笠戸工場	小 田 文 一 笠 原 井 秀 助
374517	メインコック	桑名工場	武 田 順一郎
376519	炭車連結用リンク直突防止装置	戸畑工場	三 原 正 一
376522	炭車用連結器	戸畑工場	三 原 正 一
377452	微小調整クラッチ	若松工場	山 本 秀 幸
377458	ゴム用ロール機逆転装置	若松工場	石 井 英 雄
387857	歯車類鑄造用鑄型	亀有工場	西 山 太 喜 夫
389995	炭車用連結器	戸畑工場	三 原 正 一
392284	炉蓋開閉起重機用吊金具	亀有工場	堂 後 寿 彦
393062	歯車用高周波表面焼入誘導子	亀有工場	黒 木 隆 房
399416	電気炉の電極自動調整装置	日立工場	藤 木 勝 美
400260	鍋傾倒装置	笠戸工場	森 脇 斌 夫
415598	鑄造用マッチプレート	日立工場	関 仁
423337	真空鑄造装置	中央研究所	近 藤 彌 太郎
425918	円筒内面に設ける段座	戸畑工場	三 原 正 一
425919	軸端締付装置	戸畑工場	三 原 正 一
427394	小型運搬車の緩衝連結器	戸畑工場	三 原 正 一
427408	炉蓋吊上装置	亀有工場	林 文 也
428494	インゴット運搬車	笠戸工場	元 田 信 収 幸