ノート

鋼材の球状化焼鈍しについて

斎藤　雄治*

Spheroidizing annealing for Steel

SAITO Yuji*

1.　緒　　言

炭素工具鋼鋼材 SK105 は，約 1%の炭素を含む炭素鋼で，刃物などに使用されている。この鋼材は材料出荷前に球状化焼鈍しを行い，鋼材として最も軟らかい状態にしている。球状化焼鈍しを行うと，金属組織はフェライト地に無数の球状の炭化物が一様に分布した状態となる。これにより，容易に機械加工することができ，しかも焼入れしたときに変形が少なく高い耐摩耗性をもった製品・部品にすることが可能となる。

当センターにおいて，企業から持ち込まれた鋼製の刃物や工具などの金属組織観察や硬さ試験を行うことがある。その結果，焼入れ前の金属組織が問題であると推測されることもあるが，さほど知見がないため，試験結果の客観的な評価や企業への結果説明が十分でないことがある。

ここでは，熱処理条件と炭化物の球状化の関係について実験を行った。実験で用いた供試材（炭素工具鋼鋼材 SK105）は，購入した状態で炭化物が球状化しているため，これを焼ならしして層状の炭化物にした後，各種の条件で球状化焼鈍しを行い，硬さと金属組織を調べた。これにより，熱処理条件と金属組織や硬さのデータを蓄積し，上記の技術相談により迅速に対応できるようにすることを目的とする。

2.　実験条件

試験片には，炭素工具鋼鋼材 SK105，サイズ（19 mm×19 mm×20mm）を用いた。この試験片について，以下の熱処理と評価を行った。

2.1　熱処理条件

供試材について，焼ならし（950℃に 1 時間保持後に空冷）を行った後，以下①～⑧の 8 種類の条件で焼鈍しを実施した。

①完全焼鈍し
770℃で 1h 保持，770℃から 600℃まで 8.5h で徐冷，600℃から常温まで炉冷

②等温焼鈍しⅠ
770℃で 3h 保持，770℃から 720℃まで炉冷，720℃で 8h 保持後に炉冷

③等温焼鈍しⅡ
770℃で 3h 保持，770℃から 720℃まで 2.5h で徐冷，720℃で 16h 保持後に炉冷

④焼入れ＋高温焼戻し
850℃で 15 分保持後に水冷，720℃で 5h 保持後に炉冷を 2 回

⑤焼入れ＋繰返し加熱冷却Ⅰ
850℃で 15 分保持後に水冷，750℃で 30 分保持と 700℃で 30 分保持を三回繰返して炉冷

⑥焼入れ＋繰返し加熱冷却Ⅱ
850℃で 15 分保持後に水冷，750℃で 30 分保持と 700℃で 30 分保持を三回繰返し後，720℃で 16h 保持して炉冷

⑦上記③を 2 回

⑧焼入れ＋変態点直下保持＋上記③を 3 回
850℃で 30 分保持後に水冷，700℃で 4h 保持後に空冷，上記③を 3 回

2.2　評価項目

・硬さ試験…試験片断面を鏡面研磨後，マイ

＊　県央技術支援センター

クロビッカース硬度計で試験（HV0.5）
・金属組織観察…試験片断面を鏡面研磨および腐食後，金属顕微鏡で観察

2.3　試験機器および腐食液

実験に用いた試験機器および腐食液は以下のとおりである。

・電気炉：（株）東洋製作所製 電気マッフル炉 KM-420
・硬度計：（株）ミツトヨ製 マイクロビッカース硬度計 MVK-G1
・金属顕微鏡：（株）ニコンインステック製 倒立型金属顕微鏡 TME3000U-NR 型
・腐食液：硝酸-アルコール溶液（配合：HNO_3－3ml，エチルアルコール 97ml）

3.　実験結果および考察

3.1　供試材の試験片の金属組織と硬さ

供試材の金属組織を図 1 に示す。大きさ 2～3μm の球状炭化物が一様に分布している。基地組織はフェライトで，硬さは 167HV0.5 と低くなっている。

3.2　焼ならし後の試験片の金属組織と硬さ

供試材を焼ならしした金属組織を図 2 に示す。ほぼ全面がパーライト組織になっており，一部の旧オーステナイト粒界に網状炭化物が見られる。硬さは 348HV0.5 と納入状態に比べてかなり高くなっている。

3.3　各種熱処理後の試験片の金属組織と硬さ

①完全焼鈍し（図 3）：大きさ 1～2μm 程度の細かい球状炭化物と，細かい炭化物（色が濃い部分）が見られる。硬さは 198HV0.5 と焼ならし後に比べて低くなっているが，納入状態ほど低くない。図 1 に比べて図 3 の金属組織が硬いのは，単位面積あたりの炭化物の数が少ないと硬さが低下する[1]ためと考えられる。

②等温焼鈍し I（図 4）：焼鈍し①に比べて球状炭化物が大きくなっているが，一方で

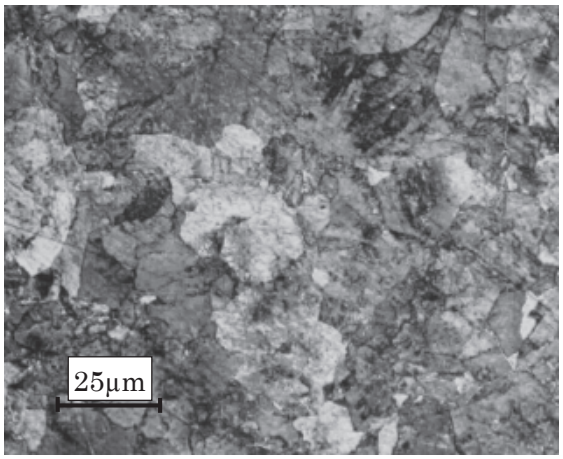

図 2　焼ならし後（硬さ 348HV0.5、パーライト、網状炭化物）の金属組織

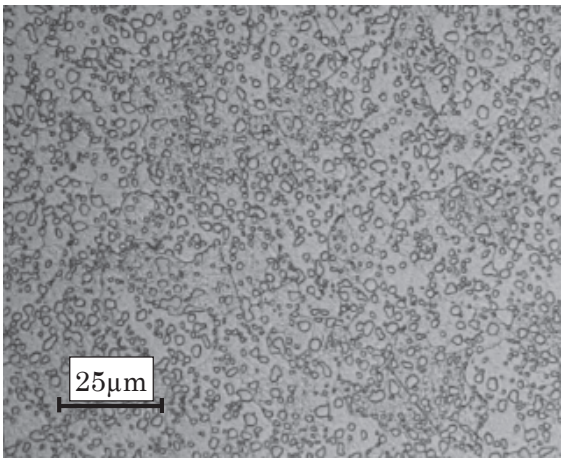

図 1　供試材（硬さ 167HV0.5、フェライト、球状炭化物）の金属組織

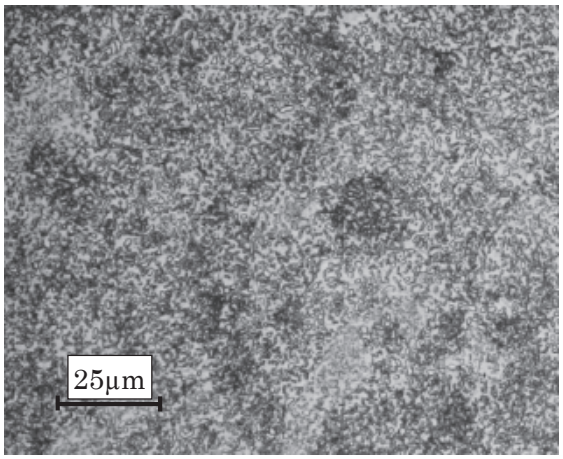

図 3　①完全焼鈍し（硬さ 198HV0.5、フェライト、球状炭化物）の金属組織

細かい炭化物の密度が高まったように見える。球状炭化物が大きい部分は軟らかく，細かい炭化物がある部分は硬いと考えられるが，硬さ試験による圧痕の大きさは70μm 程度のため，これらの平均的な硬さを試験していると考えられる。

硬さは 195HV0.5 と焼鈍し①の金属組織とほぼ同じとなった。

③等温焼鈍しⅡ（図 5）：焼鈍し②に比べて球状炭化物が大きくなるとともに，細かい炭化物のある部分が少なくなっている。このため，硬さは 185HV0.5 と焼鈍し②の金属組織より 10 程度低くなっている。

④焼入れ＋高温焼戻し（図 6）：大きさ 1μm 程度の細かい球状炭化物が均一に分布して

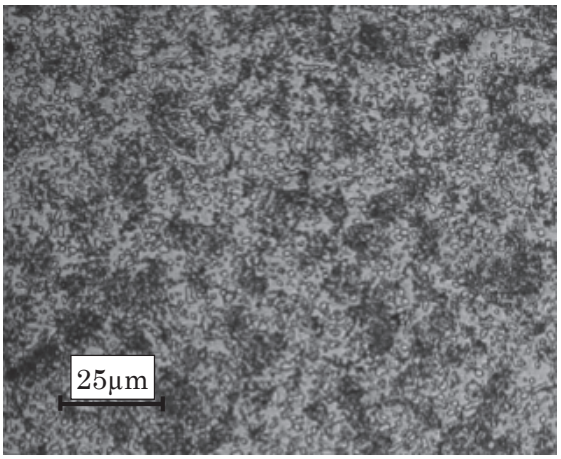

図 4　②等温焼鈍しⅠ（硬さ 195HV0.5、フェライト、球状炭化物）の金属組織

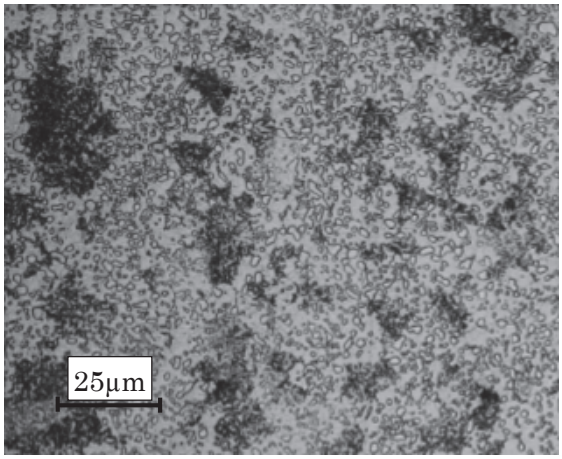

図 5　③等温焼鈍しⅡ（硬さ 185HV0.5、フェライト、球状炭化物）の金属組織

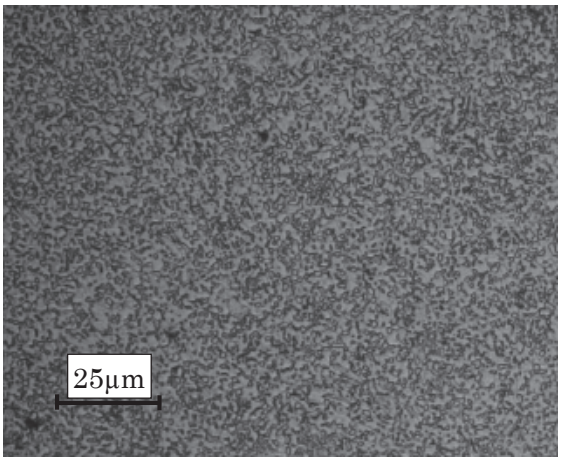

図 6　④焼入れ＋高温焼戻し（硬さ 214HV0.5、フェライト、球状炭化物）の金属組織

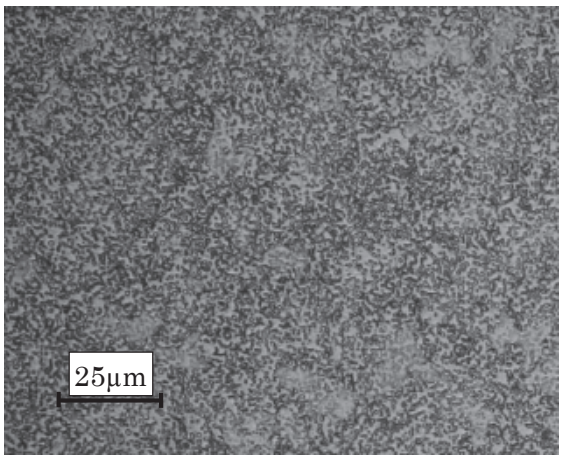

図 7　⑤焼入れ＋繰返し加熱冷却Ⅰ（硬さ 206HV0.5、フェライト、球状炭化物）の金属組織

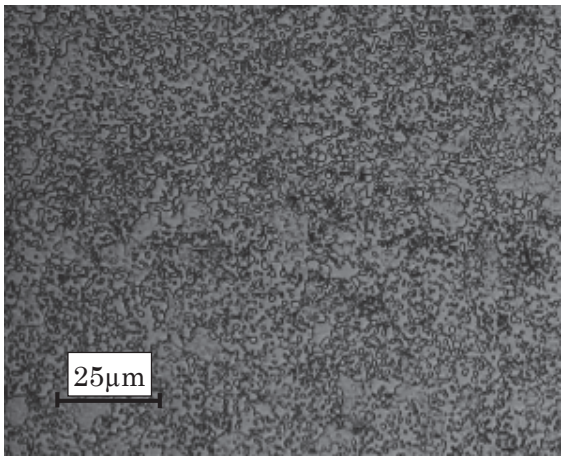

図 8　⑥焼入れ＋繰返し加熱冷却Ⅱ（硬さ 186HV0.5、フェライト、球状炭化物）の金属組織

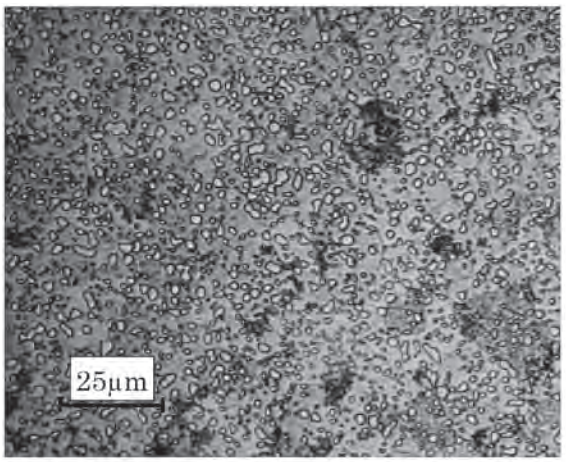

図 9　⑦等温焼鈍しⅡを二回（硬さ 176HV0.5、フェライト、球状炭化物）の金属組織

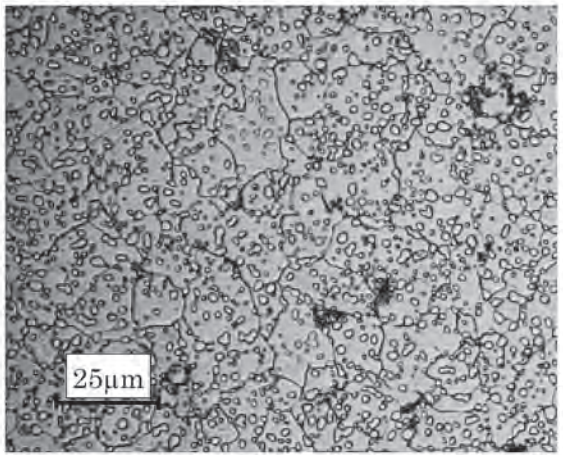

図 10　⑧焼入れ＋変態点直下保持＋等温焼鈍しⅡを三回（硬さ 173V0.5、フェライト、球状炭化物）の金属組織

いる。硬さは 214HV0.5 とやや高くなっている。これは，細かい炭化物が均一に分布しているためと考えられる。

⑤焼入れ＋繰返し加熱冷却Ⅰ（図 7）：短時間で球状化する熱処理を行った結果である。大きさ 1μm 程度の細かい球状炭化物が均一に分布している。硬さは 206HV0.5 と焼鈍し④の組織より若干低くなっている。

⑥焼入れ＋繰返し加熱冷却Ⅱ（図 8）：焼鈍し⑤の繰返し加熱冷却の回数を増やした結果である。焼鈍し⑤に比べ球状炭化物が大きくなり，186HV0.5 と焼鈍し⑤の組織より 20 程度低くなった。

⑦上記③を 2 回（図 9）：焼鈍し③を二回行った結果である。炭化物が大きくなり，地のフェライト組織もよく見える。しかし，細かい炭化物がある部分も若干残っている。硬さは 176HV0.5 と焼鈍し⑥の組織より 10 程度低くなった。

⑧焼入れ＋変態点直下保持＋上記③を三回（図 10）：焼入れ後に変態点直下保持と等温焼鈍しⅡを三回行ったものである。焼鈍し⑦に比べて炭化物がさらに大きくなり，地のフェライト組織もよく見える。細かい球状炭化物の部分はごくわずかとなり，硬さは 173HV0.5 となった。

なお，本報告書の実験結果については当研究所のホームページに掲載している[2)]。

4. 結　　言

（1）変態点（723℃）直下での長時間保持により，球状炭化物の粒径が大きくなった。（焼鈍し②，③，⑦，⑧）

（2）焼入後に変態点（723℃）付近での昇温降温を繰り返すことで，短時間で球状炭化物が得られた。（焼鈍し⑤，⑥）

（3）細かい球状炭化物が少なく，かつ，球状炭化物の粒径が大きくなると，硬度が低下した。（焼鈍し③，⑦，⑧）

（4）焼鈍し⑧の金属組織と硬さは，納入状態に近い結果が得られた。

参考文献

1) https://unit.aist.go.jp/cpiad/ci/techno_kw/mono-kyohon_pdf/technote014.pdf，ヤスリ製造技術マニュアル，「国立研究開発法人　産業技術総合研究所ホームページ」，平成 27 年 10 月 26 日.

2) http://www.iri.pref.niigata.jp/news/27new27.html，炭素工具鋼鋼材（SK105）の球状化焼鈍し，「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2016 年 1 月 19 日.