ノート

合金鋼および工具鋼の金属組織と硬さ

斎藤　雄治*

Metal structure and Hardness of Alloy Steels and Tool Steels

SAITO Yuji*

1. 緒　　言

合金鋼や工具鋼は機械部品や金型などに多用されている。本研究では，機械部品に使われている炭素鋼 S45C，低合金鋼 SCM435 および SNCM439，金型に多く使われている工具鋼 SKD11 および SKD61 について，焼入温度を変えたときの金属組織や硬さを調べた。

2. 実験条件

試験片には，機械構造用炭素鋼S45C，機械構造用合金鋼 SCM435 および SNCM439，合金工具鋼 SKD11 および SKD61 を用いた。これらの試験片について，表 1 に示す温度で焼入れ焼戻しを行った。

熱処理後，試験片の断面を鏡面研磨してビッカース硬さ試験（HV0.5）と金属組織観察を行った。腐食液には，SKD 以外は硝酸アルコール溶液（HNO_3 3ml，エチルアルコール 97ml），SKD は塩化第二鉄の塩酸溶液（塩化第二鉄 10g，塩酸 30ml，蒸留水 120ml）を用いた。

実験には（株）東洋製作所製 電気マッフル炉 KM-420，ヤマト科学（株） 電気マッフル炉 F0410，（株）明石製作所製 マイクロビッカース硬度計 MVK-G1，（株）ニコンインステック製 倒立型金属顕微鏡 TME3000U-NR 型を用いた。

3. 実験結果

ここでは，SCM435 と SKD61 の試験片の結果のみを示す。すべて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[1)~6)]。

表 1　焼入れ焼戻しの条件

試験片（直径，長さ）	焼入れ	焼戻し
S45C（20mm，20mm）	800～950℃の各温度に 15 分保持後に水冷	600℃で 1 時間保持後に水冷
SCM435（20mm，20mm）	800～950℃の各温度に 15 分保持後に油冷	600℃で 2 時間保持後に空冷
SNCM439（38mm，10mm）	800～950℃の各温度に 20 分保持後に油冷	
SKD11（32mm，10mm）	900～1100℃の各温度に 20 分保持後に空冷	180℃に 2 時間保持後に空冷または 520℃に 1 時間保持後に空冷を 2 回
SKD61（28mm，10mm）		550℃に 1 時間保持後空冷＋520℃に 1 時間保持後空冷

図 1～図 6 に SCM435 試験片の結果を示した。図 1 に SCM435 試験片の焼入前の金属組織を示す。白色のフェライトと粒状および層状のセメンタイトが見られる。硬さは約 250HV0.5 であった。

図 2 に，800～950℃の種々の温度で焼入後に 600℃で焼戻した SCM435 試験片のビッカース硬さの試験結果を示す。硬さは，焼入温度が 850℃以上で 300HV0.5 程度となったが，焼入温度が 800℃ではそれより低いことが分かる。

図 3 は，SCM435 の推奨焼入温度である 830～

* 県央技術支援センター

880℃に比べて低い温度で焼入後に 600℃で焼戻した金属組織である。基地組織は焼戻しマルテンサイトになっているが，ところどころに白色のフェライトが見られる。フェライトは焼戻しマルテンサイトに比べて軟らかい組織であるため，推奨焼入温度より低い焼入温度においては，図 2 に示したように硬度が低くなる傾向にある。

図 4 は，SCM435 の推奨焼入温度で焼入後に 600℃で焼戻した金属組織である。フェライトが見られなくなり，焼戻しマルテンサイト組織のみになっていることが分かる。

図 5 と図 6 は，SCM435 の推奨焼入温度に比べて高い温度で焼入後に 600℃で焼戻した金属組織である。焼戻しマルテンサイト組織になっているが，図 4 の推奨焼入温度の組織に比べて

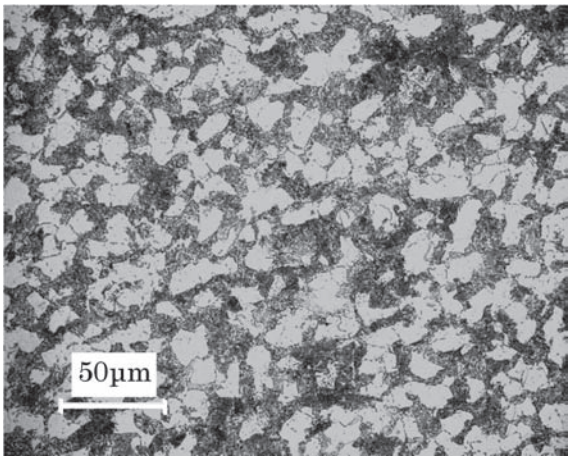

図 1　SCM435 試験片の焼入前の金属組織

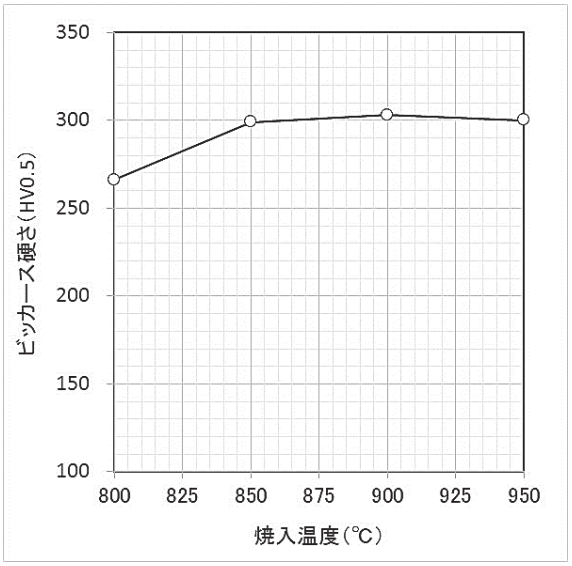

図 2　SCM435 試験片を種々の温度で焼入後に 600℃で焼戻したときの硬さ

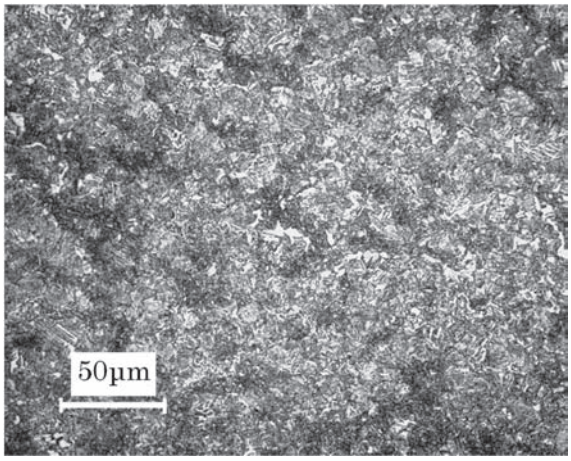

図 3　SCM435 試験片の金属組織（800℃焼入れ）

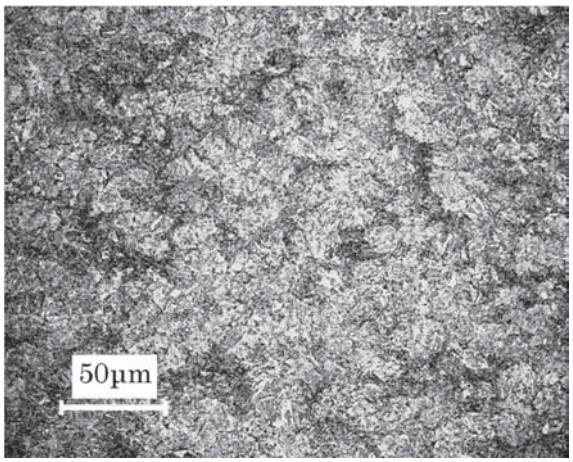

図 4　SCM435 試験片の金属組織（850℃焼入れ）

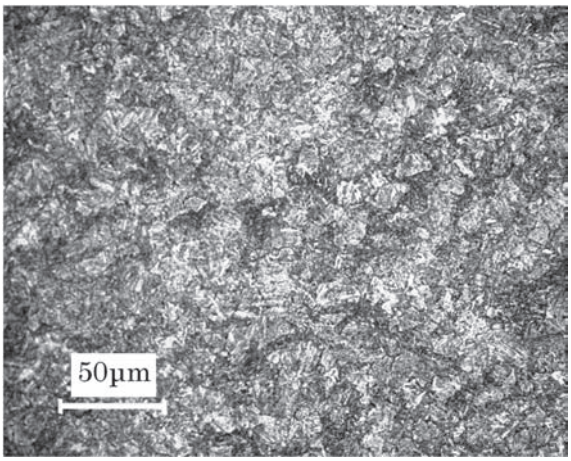

図 5　SCM435 試験片の金属組織（900℃焼入れ）

粗くなっていることが分かる。

図 7～図 13 には SKD61 試験片の結果を示した。SKD61 試験片の焼入前の金属組織を図 7 に示す。フェライト基地に粒状の無数の炭化物が見られる。硬さは約 195HV0.5 であった。

900～1100℃の種々の温度で焼入後に 550℃と 520℃で焼戻した SKD61 試験片のビッカース硬さの試験結果を図 8 に示す。焼入温度が 1050℃で約 650HV0.5 の硬さが得られた。

図 9 は 900℃で焼入後に 550℃と 520℃で焼戻した金属組織である。灰色の基地組織は焼戻しマルテンサイトで，粒状の組織はフェライトとみられる。焼入温度 900℃は SKD61 の推奨焼入温度 1000～1050℃に比べてかなり低いため，フェライト組織が見られたと考えられる。

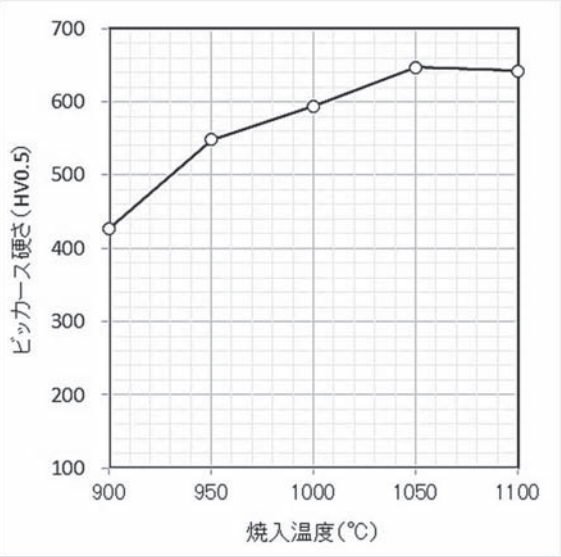

図 8　SKD61 試験片を種々の温度で焼入後に 550℃＋520℃で焼戻したときの硬さ

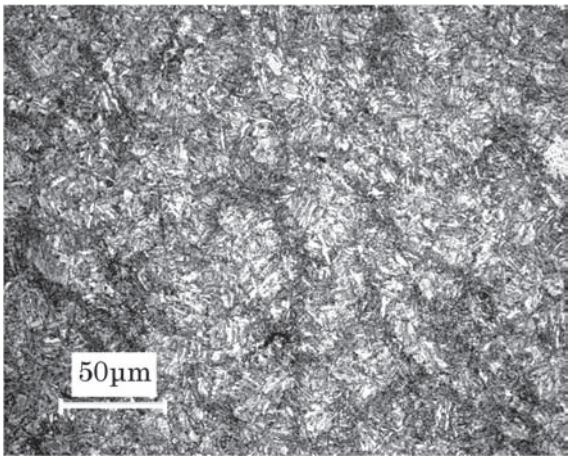

図 6　SCM435 試験片の金属組織（950℃焼入れ）

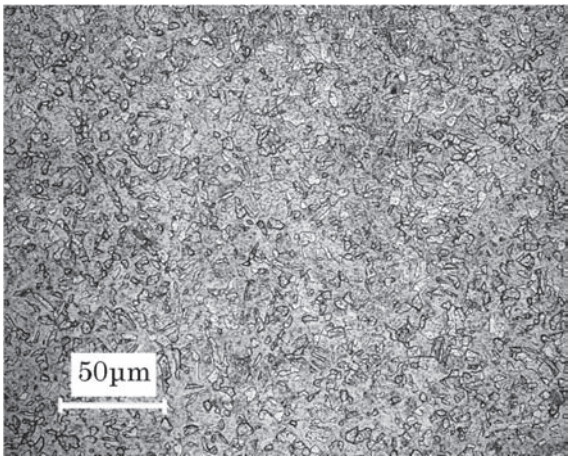

図 9　SKD61 試験片の金属組織（900℃焼入れ）

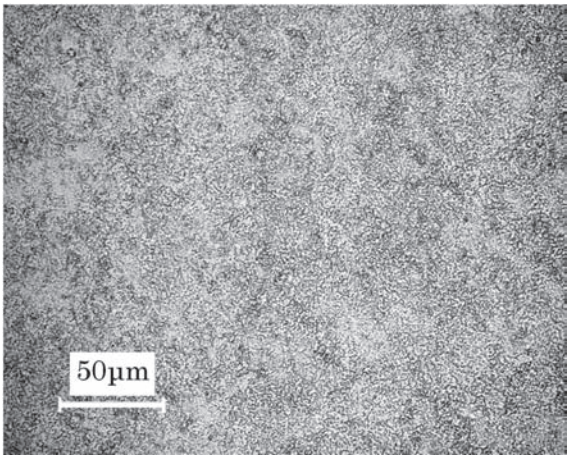

図 7　SKD61 試験片の焼入前の金属組織

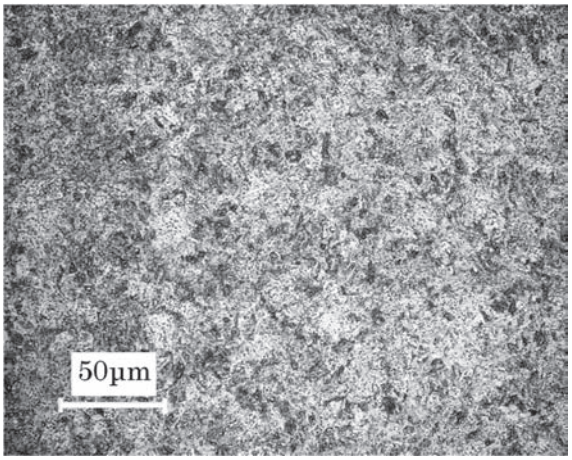

図 10 SKD61 試験片の金属組織（950℃焼入れ）

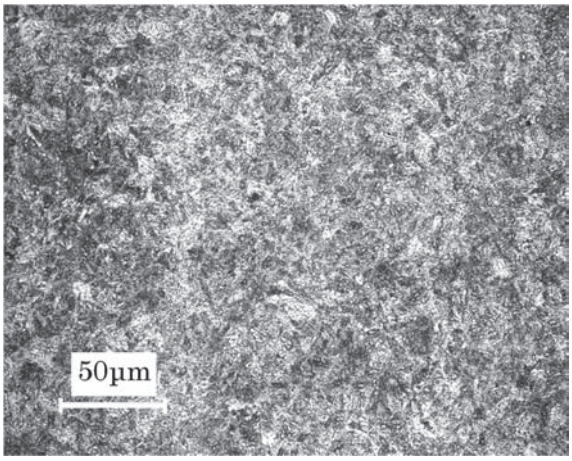

図 11　SKD61 試験片の金属組織（1000℃焼入れ）

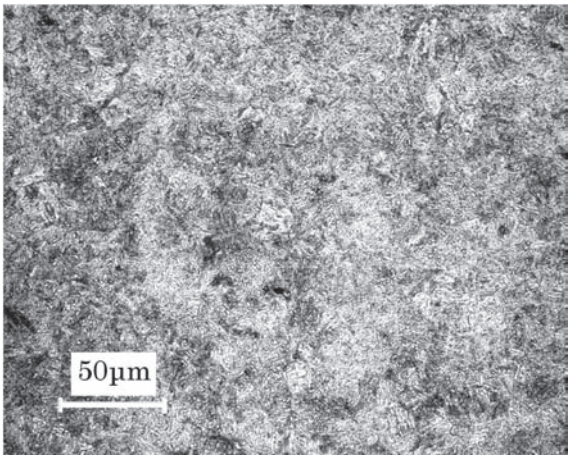

図 12　SKD61 試験片の金属組織（1050℃焼入れ）

図 10～図 13 は焼入温度が 950℃～1100℃における金属組織である。図 9 で見られたフェライト組織は見られず，焼戻しマルテンサイト組織になっている。また，焼入温度が高くなるにつれ組織が粗くなることが分かる。特に図 13 の焼入温度が 1100℃に対する金属組織は焼戻しマルテンサイトがかなり粗いことから，耐衝撃性が低下している可能性が考えられる。

4. 結　　言

一般的に焼入温度が高いと金属組織は粗くなることが知られているが，高温で焼戻した後にもこの傾向が引き継がれることを確認した。組織が粗くなると，硬度が同じであっても耐衝撃性（じん性）が低下するため注意が必要である。

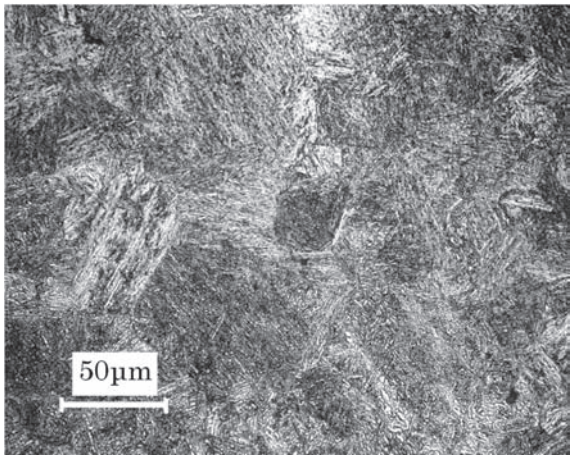

図 13　SKD61 試験片の金属組織（1100℃焼入れ）

参考文献

1）http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/H29/29kin2.html，クロムモリブデン鋼（SCM435）の硬さと金属組織，「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2018 年 2 月 2 日.

2）http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/H29/29kin3.html，ニッケルクロムモリブデン鋼（SNCM 439）の硬さと金属組織，「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2018 年 2 月 2 日.

3）http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/H29/29kin4.html，合金工具鋼 SKD11 の硬さと金属組織，「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2018 年 2 月 2 日.

4）http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/H29/29kin5.html，合金工具鋼 SKD11 の硬さと金属組織（高温焼戻し），「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2018 年 2 月 2 日.

5）http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/H29/29kin6.html，合金工具鋼 SKD61 の硬さと金属組織，「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2018 年 2 月 2 日.

6）http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/H29/29kin7.html，機械構造用炭素鋼 S45C の硬さと金属組織，「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2018 年 2 月 2 日.