

なお未分解の残留アンモニアは浸炭ガスを飽和した1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液による吸収減量で測定し、Fig. 5に分析値を示した。この値は平衡値に比較すると若干高い。

#### 4. 結 言

1%Crを含む肌焼鋼の浸炭特性におよぼす0.2%Mo、および0.2%Ni-0.3%Cuの影響を総括すると次の通りである。

1) ガス浸炭雰囲気中での浸炭層の炭素濃度は0.2%のMo添加により増加し、少量のNiとCuの付加により低下を示した。市販鋼と小型実験炉溶製鋼とに差は認められなかつた。

2) 930°Cにおける炭素の拡散係数は従来の測定と一致し、Moの添加により若干低下を示し、Ni、Cuでは増加がみられた。純度の高いCr鋼はさらに高い値を示した。また微粒の市販鋼は低い値を示した。

3) 浸炭層の焼入性は0.2%Moでかなり増加し、Ni、Cuの付加により高C域の焼入性の改善がみられた。

4) アンモニアを含むガス浸炭窒化雰囲気における窒化量はMoの付加により増加し、Ni、Cuの付加では逆に低下し窒素ポテンシャルの高い程顕著な傾向がみられる。

#### 文 献

- 1) 倉部, 荒木, 吉松: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 562
- 2) A. J. HECKLEL, P. G. WINCHELL: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Met. & Pet. Eng., 227 (1963), p. 732
- 3) T. YOSHIDA, K. SANO: Memoirs Fac. Eng., Nagoya Univ., 5 (1953), p. 96
- 4) Cyril WELLS, Robert F. MEHL: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Met. & Pet. Eng., 140 (1940), p. 279
- 5) J. M. HODGE, J. L. GIOUE, R. G. STORM: Trans. Met. Soc. Amer. Inst. Met. & Pet. Eng., 185 (1949), p. 218
- 6) Erich Scheil, Wolfgang Mayr: Arch. Eisenhüttenw., 6 (1962), p. 285
- 7) 盛, 新名, 一瀬: 日本金属学会誌, 27 (1963), p. 49

## (177) Cr-Mo および Ni-Cr-Mo 肌焼鋼 (JIS-SCM21 および SNCM21) の高温浸炭による変形について

(鋼の高温浸炭による変形に関する研究—II)

関西大学工学部

工博 森田善一郎・○中村康彦・中島弘紀

On the Dimensional Change of Cr-Mo and Ni-Cr-Mo Case Hardening Steels (JIS-SCM21 and SNCM21) after High Temperature Carburizing.

(Studies on the distortion of steels in high temperature carburizing—II)

Dr. Zen-ichiro MORITA, Yasuhiko NAKAMURA and Hironori NAKAJIMA.

### 1. 緒 言

筆者らは、前報<sup>1)</sup>において、鋼の高温浸炭における重要な課題の一つである変形の問題をとりあげ、まず炭素鋼22種(JIS-S15CK)につき検討した。その結果、浸炭による変形は主として材料表面の浸炭による膨脹にもとづくものと考えられ、変形量は浸炭量に比例して増大し、同一浸炭深さの条件のもとでは浸炭温度の影響はきわめて少ないことが認められ、高温浸炭の実用にさいしては変形よりもむしろ結晶粒の粗大化の点で問題があることを指摘した。

今回は浸炭、焼入能の異なる鋼種と対比するため、Cr-Mo 肌焼鋼(JIS-SCM21) および Ni-Cr-Mo 肌焼鋼(JIS-SNCM21)につき前回と同様の実験を行なうとともに炭素鋼22種(JIS-S15CK)についてもさらに検討を加えた結果をここに報告する。

### 2. 実験方法

前報<sup>1)</sup>と同様の標準試料を各鋼種につき作成し、浸炭条件(温度および時間)を変えて浸炭処理した場合ならびにさらに焼入および焼戻しを行なつた場合の変形量、表面硬さ、内部硬さおよび結晶粒度などを測定し比較検討した。実験試料の化学組成をTable 1に示す。

各試料とも、まずアルゴン雰囲気中で歪取り焼鈍をしたのち、浸炭炉を用いてRXガスにより浸炭を行なつた。すなわちSCM21, SNCM21両鋼種試料については前報と同様930, 980, 1050°Cの温度でそれぞれ1, 2, 3, 5hr またS15CK鋼種試料については同一浸炭深さにおける変形量を検討するためTable 2に示すような浸炭条件を定めてそれぞれ浸炭を行ない、いずれもガスを調節して試料の表面炭素濃度が1.0%になるようにした。

焼入、焼戻し処理も前報とほとんど同様で、試料はいずれもRXガス中で850°C, 30min加熱後同温度より油焼入(50°C)を行ない、つづいて空気中で150°C, 1hr焼戻しを行なつた。なお焼入時における試料の冷却槽への投入法その他の熱処理操作はすべて前報と同様である。

また試料の変形量および硬さの測定は、いずれも前報と同様1/100mm精度のマイクロメーターならびにロックウェル硬度計を用いて測定し、浸炭深さは微小硬度計を用いて硬度分布より求めた。

Table 1. Chemical composition of specimens (wt.%).

Kind of steel	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
Carbon steel (JIS-S15CK)	0.15	0.30	0.51	0.028	0.014	0.10	0.07	0.02
Cr-Mo steel (JIS-SCM21)	0.18	0.30	0.72	0.018	0.016	0.09	1.20	0.22
Ni-Cr-Mo steel (JIS-SNCM21)	0.22	0.30	0.79	0.008	0.017	0.59	0.55	0.20

Table 2. Carburizing condition of S15CK.

Case depth (mm)	Carburizing condition (°C×hr)
1.0	930×2.5
	980×1.3
	1050×0.7
1.5	930×5.3
	980×3.0
	1050×1.5
2.0	980×5.5
	1050×2.3

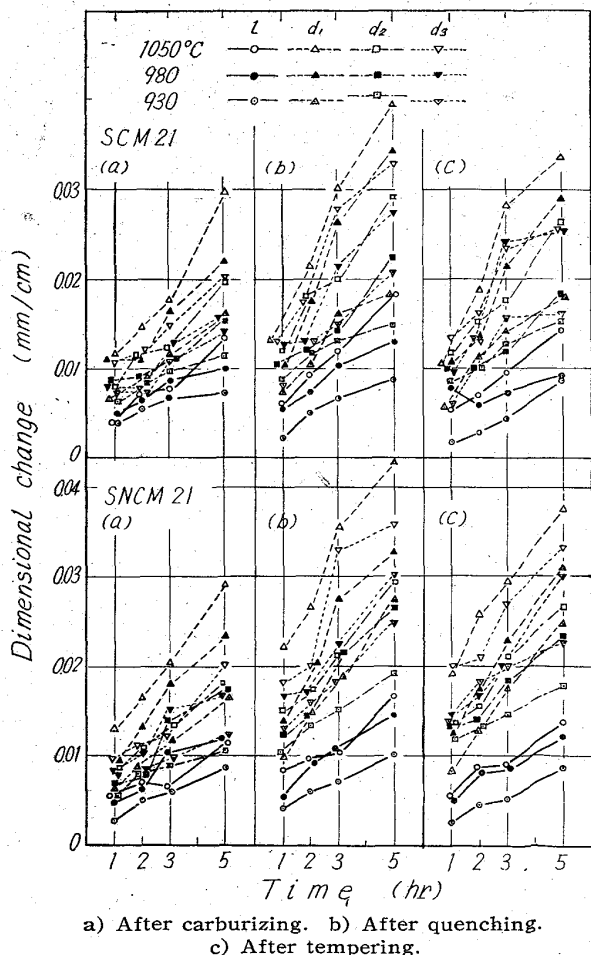


Fig. 1. Relations between dimensional change of specimens and various carburizing treatments, and subsequent heat treatments.

3. 実験結果ならびに考察

SCM21 および SNCM21 両鋼種の各種浸炭処理後、焼入後および焼戻し後の変形量を Fig. 1 に示す。

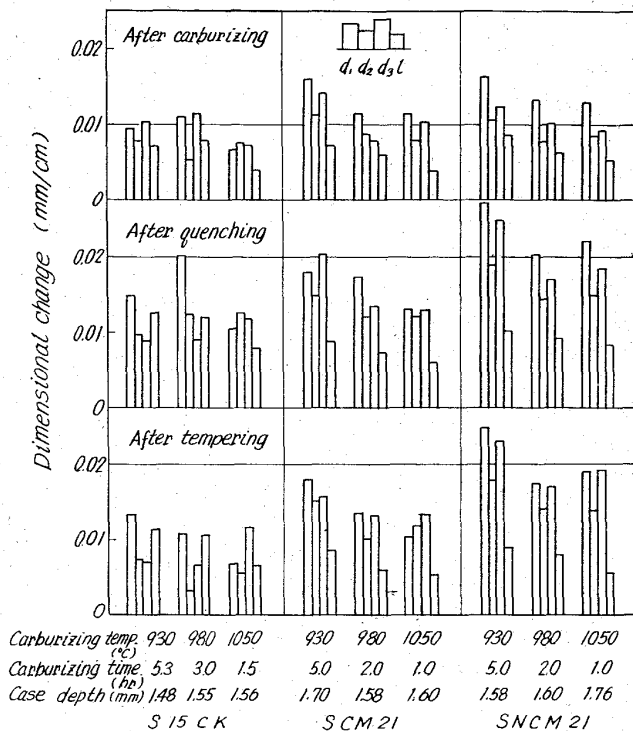


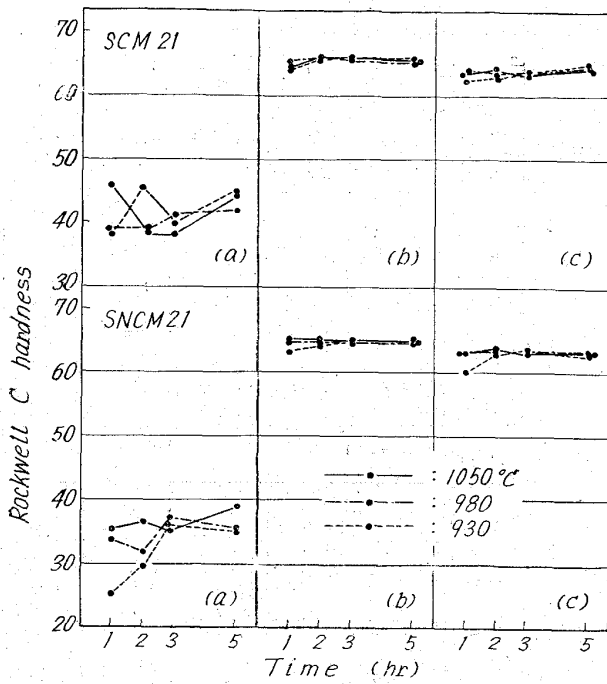
Fig. 2. Comparison of dimensional change of specimens with same case depth after carburizing and subsequent heat treatments.

両鋼種とも浸炭後の変形量は、直径方向および軸方向とも、同一浸炭温度では浸炭時間の長いほど、また同一浸炭時間では浸炭温度の高いほど、すなわち浸炭量が大であるほど増大しており、また同一試料では、いずれも直径方向の変形量は軸方向のそれよりも大となっている。またこの結果では両鋼種の間にはほとんど差が認められないが、いずれにしてもこれらの傾向は前報における S15CK 鋼の場合と全く一致している。この浸炭による変形は主として試料表面の浸炭にもとづく膨張によるものと考えてさしつかえない。

焼入後の変形量は、両鋼種とも浸炭後におけるよりも著るしく増大するが、さらに焼戻しを行なうことによつて変形量はわずかに減少することが認められ、それらの傾向も前報の S15CK 鋼の場合とよく一致している。もちろんこの焼入後の変形量の増加は、焼入時の熱応力とマルテンサイト生成による変態応力によるものと考えられる。

つきに同一浸炭深さにおける変形量を比較するため、各鋼種について浸炭深さの比較的よく似た結果を選び、その一例を図に示すと Fig. 2 のごとくなる。

すなわちこれらの変形量の比較では、各試料の浸炭深



a) After carburizing. b) After quenching. c) After tempering.

Fig. 3. Relations between surface hardness of specimens and various carburizing treatments, and subsequent heat treatments.

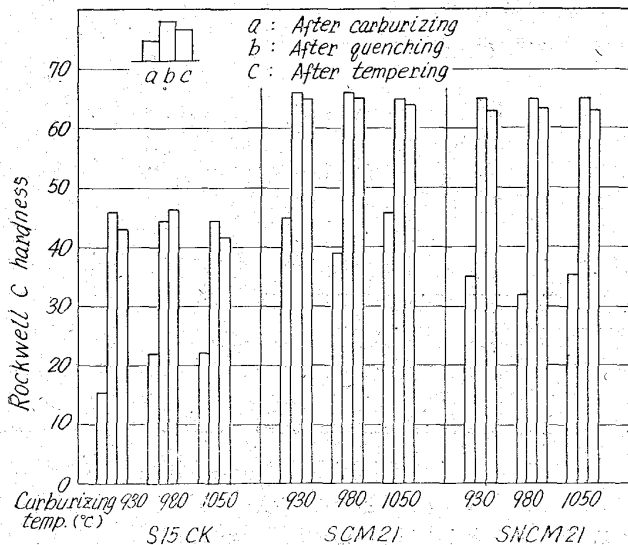


Fig. 4. Comparison of surface hardness of specimens with same case depth after carburizing and subsequent heat treatments.

さにやや差異があるものの、浸炭後、焼入後および焼戻し後いずれの場合も、S15CK 鋼種よりも SCM21 および SNCM21 鋼種のほうが変形量がぐくわずかに増大している傾向が認められる。しかしこれは、これら両鋼種の浸炭量が S15CK 鋼種に比してわずかに大であることから、むしろ変形量に対する鋼種の影響はほとんど無視しうるものと判断すべきであろう。また各鋼種とも変形量は高温浸炭によつても増大しないことが期待され、こ

の傾向は最近の他の報告<sup>2)</sup>とも一致している。

一方、SCM21 および SNCM21 鋼種試料の各種浸炭処理後、焼入後および焼戻し後の表面硬さをロックウェル C スケールで示すと Fig. 3 のごとくなる。なお図中浸炭後の硬さは、ロックウェル A スケールによる測定値より換算して得た値である。

すなわち、前報の S15CK 鋼種の場合には、これと同様の浸炭条件のもとでは浸炭後の表面硬さは浸炭量とともに増大する傾向が顕著に現われていたが、SCM21 および SNCM 両鋼種の場合には、そのような傾向はきわめて少ないことが認められる。これは両鋼種が Cr, Mo, Ni などの合金元素を含有するため浸炭能が大きく、浸炭層が S15CK 鋼種の場合に比して深くなつていていることによるものと考えられる。

焼入を行なつた場合の表面硬さは、両鋼種とも浸炭条件に関係なくほぼ一定の値を示し、前報の S15CK 鋼種の結果よりは高くなつていている。また焼戻し後の表面硬さは、両鋼種とも焼入後の値よりぐくわずかに低下していることが認められる。

つぎに各鋼種の同一浸炭深さにおける表面硬さを比較すると Fig. 4 のごとくなる。

すなわち、S15CK 鋼種の浸炭後の表面硬さが浸炭温度の上昇とともにわずかに増大している以外は、各鋼種とも、浸炭後、焼入後および焼戻し後の表面硬さは高温浸炭によつてもほとんど変わらないことがわかる。

一方、結晶粒度については、各鋼種とも、高温浸炭を行なつた場合結晶粒の粗大化の傾向が認められるが、SCM21 および SNCM21 両鋼種は S15CK 鋼種に比してその傾向が小さいことがわかつた。

#### 4. 結 言

以上の結果を要約するとつぎのごとくである。

1) SCM21 および SNCM21 両鋼種の浸炭後の変形量は S15CK 鋼種の場合と同様浸炭量に比例して増大し、同一浸炭深さでは、浸炭温度が高くても変形量の増加はほとんど認められず、また各鋼種による変形量の差異もきわめて少ない。

2) SCM21 および SNCM21 両鋼種の浸炭後、焼入後および焼戻し後の表面硬さはいずれも S15CK 鋼種よりは大きく、また硬さの浸炭条件による差はほとんど認められない。

3) 高温浸炭を行なつた場合、各鋼種とも結晶粒の粗大化の傾向が認められるが、SCM21 および SNCM21 両鋼種は S15CK 鋼種に比してその傾向が小さい。

#### 文 献

- 1) 森田, 中村, 中島, 菅田: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1504
- 2) B. FINNERN: Härtereitech. Mitt., 17 (1962) 1, p. 12