

頭出について発表している。著者もこの Woodfine 氏試薬（ピクリン酸飽和水溶液）を使用して圧延方向の縞状組織をしらべた。S.K.Fの材料は国内のものに比して非常に縞状組織の間隔が稠密である。然し国内のものはその間隔が相当あり、縞状偏析が相当あることを示している。これは幻燈をもつて報告する。これ等の事実より考察すると我が国の軸受鋼の鋼塊の大きさが小さいのではないかと考えられる。実際国内の軸受鋼メーカーを調査してもS.K.Fの素材供給メーカーたる Hofors Steel Works の1t~1.3t 角形鋼塊に比して可成り小さい鋼塊を使用している状態である。このことは相当ベアリングの寿命に関係があると思われる。

(7) セメントイト含有量と寿命との関係

軸受鋼の素材は球状化焼鈍した状態にあるので、組織は球状セメントイトがフェライトの地に分布しているのである。軸受鋼の炭素量は約1%前後であるので、素材の Fe_3C の量は約15%前後存在している。これを焼入焼戻処理して硬化し得るのは、オーステナイト状態で Fe_3C がオーステナイト地に溶込んで炭素を供給するからである。然し我が国の製品となつているベアリングの内輪について、この Fe_3C 量を調べた所約4%~約12%の間にばらつき、或るものは Fe_3C が溶込み易く、或るものは固溶しにくいことを示している。又約6~8% Fe_3C 量の所に寿命の最大な所があると思われる。

素材中の15% Fe_3C が熱処理により6~8% Fe_3C だけ残存する時、即ち地のC量が約0.5%位の所に寿命の最大の所がある。この理由は、若し地のC量が少なきとき即ち残存する Fe_3C 量が多いときには、地のC量が低いので硬化能が不良で地の焼入硬度は非常に低い、そのため寿命が悪くなる。逆に地のC量が多くなる時即ち残存する Fe_3C 量が少なきときは、焼入硬度能が良好で残留オーステナイトが非常に多くなり、これが寿命に影響するものと考えられる。次に Fe_3C 量と全窒素量との関係、 Fe_3C 量と硬度の関係について報告する。 Fe_3C 量とN量との関係についていえば、N量が Fe_3C 量に関係するものと、しからざるものがある。N量が Fe_3C 量に関係するものではN量が減少するにつれて Fe_3C 量は減少する傾向を示す。N量が Fe_3C 量に関係しないものについて、Si, Crの影響があるのではないかと思つて関係を求めたが一義的關係はなく、原因は不明である。然しこれは鋼の“Virginity”と関係があるのではないかと考えられる。

(8) 結晶粒度と寿命の関係: 925°C×3h 試料を加熱して徐冷して、結晶粒度を調べ、粒度と寿命との関係を

報告する。

III. 結 論

以上のことを総括して考えると、現在軸受メーカーが受入検査において重要視して考えていた金相学的因子、即ち硬度と圧壊値(Rc 63以上、圧壊値4ton以上)は余り軸受の寿命には直接的な重要な因子でないと思われる。

前述したごとく、鍛造圧延による縞状偏析、及び硬化後残存するセメントイト含有量等が寿命を左右する因子として重要視されなければならない。

(59) 軸受鋼の研究 (III)

(酸性平炉鋼、塩基性電気炉鋼及びS.K.F素材のオーステナイト状態の挙動)

Studies on Ball-Bearing Steels (III)
(Austenitizing Behavior of Acid Open Hearth Furnace Steels, Basic Electric Furnace Steels and S. K. F. Ball-Bearing Steels.)

Manabu Ueno, Lecturer, et alius.

工業技術院機械試験所 ○上野学
埼玉高等学校教諭 中野泰

I. 緒 言

高炭素低クロム鋼、即ち軸受鋼の製鋼法には2種類ある。即ち、小型酸性平炉法と塩基性電気炉法とである。前者は主として欧州大陸、特にスウェーデンにて採用され、後者は米国及び日本にて用いられている製鋼法である。前者の炉では製鋼中に充分精錬が出来ないので原料は上質のものを使用する必要があり、後者の炉では耐火物が塩基性であるために充分なる精錬が可能であるので原料の選択は非常に楽である。更に前者による鋼はNの含有量が後者の鋼に比して少いと一般にいわれている。

然しこの2種類の製鋼法による軸受鋼の優劣については文献もなく、且つ又この問題が第1回世界冶金会議で盛んに討議された問題なので、筆者はこの問題を一つの研究のテーマとして考え、2種の製鋼法による軸受鋼の寿命に及ぼす影響の一連の研究の一部として本稿に上記製鋼法による軸受鋼のオーステナイト状態の挙動を報告する。更にS.K.Fパイプ素材との比較も合わせて発表する。上記2種類の軸受鋼は株式会社日本製鋼所の援助により、S.K.Fの素材は日本精工株式会社の御好意によるものである。ここに厚く両社に感謝をする次第であ

る。

II. 実験試料及実験方法

実験に供した試料は酸性平炉鋼，塩基性電気炉鋼及び S.K.F のパイプ状素材の 3 種である。その化学組成は Table 1 に示す。S.K.F の素材はバー材でなくて，管材の素材である。3 種類の軸受鋼非金属介在物の比較をすれば Table 2 に示される如く，S.K.F の非金属介在物は余り良い結果を示していない。

Table 1. Chemical composition.

Type	marks	C %	Si %	Mn %	P %	S %
Acid open hearth steel	H	1.02	0.42	0.53	0.016	0.013
Basic open hearth steel	R	0.98	0.32	0.41	0.011	0.005
S.K.F billet	S.K.F	1.02	0.29	0.31	0.025	0.019

Type	marks	Ni %	Cr %	Cu %	V %	N %
Acid open hearth steel	H	0.10	1.58	0.12	—	—
Basic open hearth steel	R	0.31	1.37	0.22	—	—
S.K.F billet	S.K.F	tr.	1.47	0.03	0.06	0.0027

Table 2. Non-metallic inclusions.

Type	A type non-metallic inclusions		B type non-metallic inclusion	
	Degree of cleanliness	Mean thickness	Degree of cleanliness	Mean thickness
H	2.1	3.4	1.7	3.5
R	0.8	2.5	2.2	3.8
S.K.F	3.4	4.9	3.0	4.8

上記 3 種類の鋼についてオーステナイト状態の挙動，即ち焼入温度変化による硬度，圧壊値，セメントイト含有量及び一端焼入試験曲線の挙動について研究した結果を報告する。硬度はロックウェル C 硬度計にて測定し，且つ又焼入温度が硬度のばらつきに及ぼす影響をも調べた。

圧壊値は H, R 試料では外径 39mm × 内径 29mm × 巾 10mm のリング試験片より求め，S.K.F の素材では外径 56mm × 内径 36mm × 巾 10mm のリング試験片より求めた。セメントイト含有量は Lineal analysis により測定した。一端焼入試験は S.A.E の規格寸法に準拠した。

III. 実験結果及び考察

(1) 硬度について。H, R 及び S, K.F の試験片を各焼入温度に 1/2 時間加熱して油焼入した後，150°C × 1h の焼戻処理を実施する。そしてロックウェル硬度で 20箇所測定し平均硬度とそのばらつきを示す母標準偏差を求めて，それ等と焼入温度との関係を求めると Fig 1 の如くなる。R と S.K.F は 780°C の焼入では硬度が低く，800°C より焼入硬度が高くなる。然し H は 780°C より焼入硬度が充分出る。R と H は 900°C 以上になると急に硬度が低下する。これは結晶粒が粗大化して焼が充分入るため残留オーステナイトが急に増加するためと考えられる。硬度のばらつきは 840°C の温度からの焼入のとき最小となる。

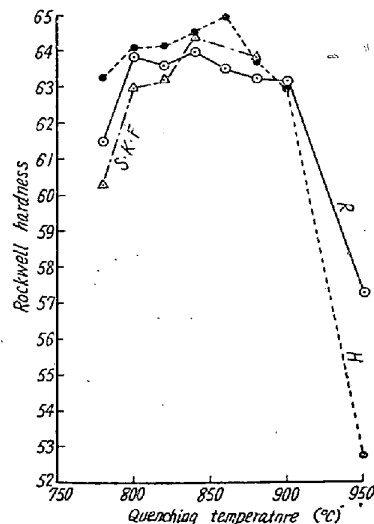


Fig. 1. Relation between quenching temperature (after tempering for an hour at 150°C) and hardness.

(2) 圧壊値について：R, H と S.K.F の試料は寸法が前述した如く相異なるので，圧壊値を断面積で除した圧壊荷重 (kg/mm²) と焼入温度との関係を求めた。H と R を比較すると，880°C までは殆んど差異はないが，H の方が R よりも焼入温度に対して僅かに感受性が鈍い。880°C 以上では H の方が R よりも圧壊荷重が高い。H, R に比して S.K.F は焼入温度に対する感受性は非常に鈍いのである。このことはセメントイトがオーステナイト地に溶け込む速度に関係がある。

(3) セメントイト含有量について：ここでは焼入温度によりセメントイトがオーステナイト地にどの程度固溶するかを追求した。セメントイト含有量は Lineal analysis にて求めた。Lineal analysis においては約 5mm の距離の間のセメントイトと地の線分比を求めた。

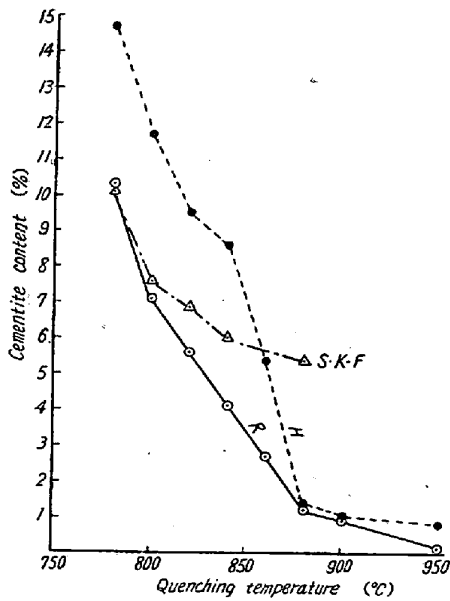


Fig. 2. Effect of quenching temperature on cementite content

Fig. 2 は焼入温度とセメンタイト含有量との関係を示す。素材の時は3種の鋼とも約 15% Fe_3C がフェライト地に点在している。今HとRの挙動をみると、Rは非常に溶込み易く 800°C より直線に固溶する傾向を示し、880°C で残存する Fe_3C 量は僅か 1% 程度になる。ところが、H では 840°C まで固溶しにくい、840°C 以上になると急に固溶し始めて 880°C で R と同じ Fe_3C 量となる。しかるに S-K-F の素材をみると、800°C までに可成り Fe_3C は溶込み、800°C 以上 880°C までの間 Fe_3C の溶込みが緩慢になっている。上記の実験事実を考察すると、S-K-F は実際に現場で焼入作業中に保持している焼入温度範囲では Fe_3C の固溶程度は安定である、即ち焼入感受性について敏感でない。R、H の鋼はこの焼入温度範囲の僅かの変化でも Fe_3C の固溶程度が著しく変化するので、焼入感受性に敏感である。

(4) 一端焼入試験について： R と H の試料について一端焼入曲線に及ぼす焼入温度の影響を求めた。H の試料についての関係を Fig. 3 に示す。これより H の試料では 820°C より焼入の際にのみ中間組織があらわれる不連続部分があらわれる。然し R の試料では 820°C、840°C、880°C 焼入温度にてこの不連続部分を生ずる。この一端焼入曲線より油焼入した場合丸棒の中心の硬度が Rc63 と Rc55 を示す時の丸棒の臨界直径を求め、これと焼入温度との関係を求め報告する。

(5) 結晶粒度について： 各焼入温度に3時間保持して徐冷する、即ち徐冷法を用いて結晶粒度を求める。そして結晶粒度に及ぼす焼入温度の影響を求めて報告す

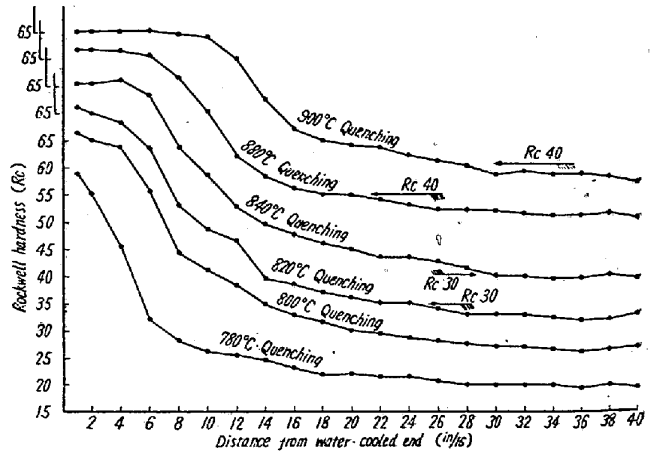


Fig. 3. Effect of quenching temperature on end quench curve

る。

IV. 結 論

以上製鋼法の相異により焼入感受性に非常なる相異を来たし、硬度、圧壊荷重ではその差異は僅かであるが、残存する Fe_3C 量には可成りの相異を来たす。即ち、 Fe_3C の固溶速度が相当異なるのである。筆者が第2報で述べたがこの Fe_3C の固溶速度は N 量に関するものと、しからざるものとがあることが判明した。後者については未だ原因が不明であるが、これは鋼の“Virginity”に依存するものと考えられる。S-K-F のリング材は非金属介在物等はいくつかあるがオーステナイト状態で安定であつて、焼入感受性に敏感でない。このことは Fe_3C の固溶速度にも関係し、800°C~880°C の間の Fe_3C の固溶は非常に安定している。このために実際の現場作業の際焼入温度の変化によつて余り Fe_3C の固溶程度に変化なくて、作業者にとって焼割れ、結晶粒の生長その他の心配もなく、且つ又この程度の Fe_3C の残存により軸受の寿命の最大な所を継持するに何等の困難をも感じない。

(60) 軸受鋼の研究 (IV)

(リング状試片の内部応力に及ぼす焼入温度の影響)

Studies on Ball-Bearing Steels (IV)

(Effect of Austenitizing Temperature on Internal Stress of Ring-Type Test Pieces)

Manabu Ueno, Lecturer, et alius.

工業技術院機械試験所 工〇上 野 学

明治大学工学部 工 村 外 志 夫