

高速度鋼の熱処理温度と保持時間に就いて

小柴定雄* 田中和夫** 稲田朝雄***

Temperature for Heat Treatment and Holding Time Concerning High Speed Steel

By Sadao Koshiha, Kazuo Tanaka and Asao Inada
Yasugi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

This paper summarizes results of the experiment we conducted for the high speed steels XI and XOO containing low W and low W-Co respectively. Diameters of test pieces were 14, 10 and 6 mm, length being 70 mm. By hardening these sample pieces at 1,240~1,320°C and examining their hardness and microscopic structure, the best suited hardening temperature and the holding time were determined. Also, the intensity of saturated magnetism, I_{∞} after hardening was measured by ballistic method which led to the revealing of the change of residual austenite. In the light of the above experimentation we have come to the conclusion that, in practical working, the steel XI could be hardened with a most satisfactory result at the temperature around 1,260~1,280°C.

As regards the holding time, it was proved that, when the steels were to be hardened at 1,260°C and 1,280°C, the corresponding range of 120~135 sec, and 90~105 sec, was suitable for the steel of 14 mm dia., and the range of 75~90 sec, and 45~60 sec, was preferable for test piece of 6 mm dia. As to the steel XOO, an analogous result was obtained for the experiment.

Furthermore, in both cases of XI and XOO, as the holding time prolongs until it reaches about 60 sec, I_{∞} decreases obviously. In other words, the residual austenite increases. But exceeding the limit of 60 sec this trend becomes weak. Meanwhile, with the temperature higher than 1,300°C, I_{∞} shows an increase as the holding times lengthens. This is probably due to the formation of ledeburite.

[I] 緒 言

各種切削工具として用いる高速度鋼は焼入温度及び保持時間の適否により性能を著しく左右する高速度鋼の焼入に於て二次炭化物がオーステナイト中に溶解せる場合、この炭化物の拡散速度は緩徐なため大部分溶解せしむるためには比較的長時間加熱する必要がある。然し高温度に長時間保持することは酸化脱炭を起し、且結晶粒を粗大化する。又過熱によりリデブライト共晶が現われて脆くなる。従つて焼入温度と保持時間とは極めて密接

な関係にある著者等は低 W 高速度鋼 XI 及び低 W-Co 高速度鋼 XOO を用い、ドリル、タップ及びリーマー等の比較的細物を対象にした 14~6 mmφ 素材及び丸駒バイトについて、熱処理温度、保持時間、硬度及び顕微鏡組織との関係を調べその寸度に最も適した焼入温度及び保持時間を決定し、且これらに於ける残留オーステナイトの変化を調べ実地作業上の参考に供する次第である。

[II] 試料及び実験方法

焼入試験に於ける試料は 14, 10 及び 6 mmφ, 長さ 70 mm 及び丸駒バイトでその形状は第 1 図に示す。又

* ** *** 日立製作所安来工場

第 1 表 化 学 成 分
Table 1. Chemical Composition

鋼 種	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V	Co
XI	0.75	0.31	0.42	0.029	0.006	4.18	10.89	1.90	—
XOO	0.81	0.18	0.33	0.014	0.005	4.32	11.41	1.80	4.08
〃 (丸駒バイト)	0.80	0.18	0.33	0.014	0.005	3.79	11.62	1.80	3.85

残留オーステナイトの測定には 5φ×120 mm を用いた。第 1 表は化学成分を示す。試料は何れも 880°C に焼鈍後第 1 予熱 600°C に 20 分及び第 2 予熱 900°C に 10 分保持し、エレバス電気炉により各焼入温度に保持後油冷した。又焼入には脱炭防止のため CrSi を用いた。尚焼入に於ける保持時間はこの場合浸漬中の時間を示す。一方残留オーステナイトについては弾動電流計法により飽和磁気の強さ I_{∞} を測定し、これが減少をもつて残留オーステナイトの増加とみなした。又複炭化物の分布状態、形状及び種類等により I_{∞} は異なると思われるが、本実験では一応同一条件とみなした。尚 880°C 焼鈍に於ける I_{∞} は XI 1216.5 ガウス及び XOO 1182 ガウスで後者の方が稍低い。又実験に於ける測定の誤差範囲は ±5 ガウス以下である。

〔III〕 実 験 結 果

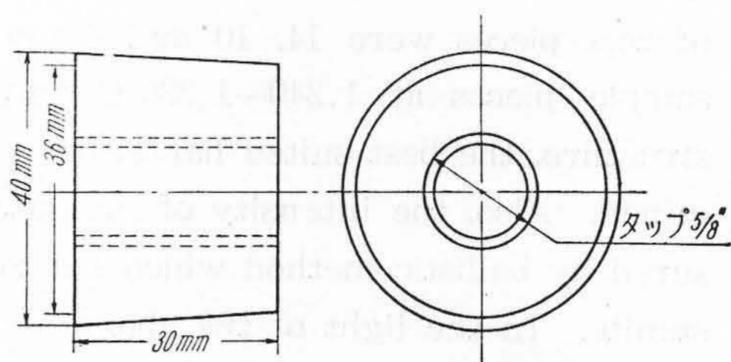
(1) 低 W 高速度鋼 XI について

第 2 図～第 4 図は 14, 10 及び 6 mmφ について 1,240～1,300°C 焼入に於ける保持時間と硬度との関係を示す。即ち 14 mmφ では焼入温度 1,240, 1,260, 1,280 及び 1,300°C の場合、最高硬度を示す保持時間はそれぞれ 120, 90, 60 及び 45 秒附近である、それ以上に於いては逐次硬度を減じ且焼入温度の高い程低下する。10 mmφ では 1,240°C の場合を除いては何れも保持時間 20～30 秒で Rc 65 を示し、前者に比し短時間で高硬度が得られる。而して保持時間を増す程且焼入温度が高い程硬度を低下するが残留オーステナイトが多いため前者に比し低下の率は稍大である。又 6 mmφ の場合も曲線の傾向は前述と略同様である。従つて最高焼入硬度を示す保持時間は焼入温度の高い程且試料が小さい程短時間側に移行する。

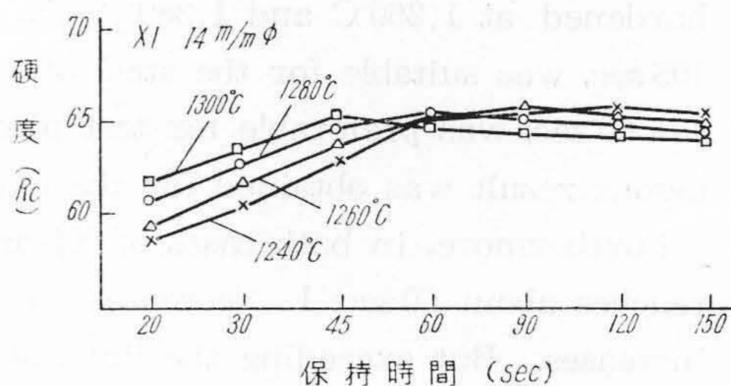
この種材料によるバイト、ミーリングカッター、タップ、リーマー及びドリル等の硬度は一般に Rc 63 以上が適當である。又組織的には複炭化物を十分固溶した微細なオーステナイト結晶粒にして且焼戻に於ける二次硬化を十分示すものが望まれる。一方オーステナイト結晶粒の大きさは同一硬度であつても焼入温度及び保持時間により著しく差異を生じ、切削耐久度及び焼割等に影響す

る。従つて最も適した組織を得るため焼入によるオーステナイト結晶性の大きにつき、その基準を決定出来ればよいのであるが、実際には試料の大小により素材時の結晶粒が種々異なるために困難である。これについて従来の結果では試料 10 mmφ 程度のもので、焼入によるオーステナイト結晶粒の大きさは顕微鏡により、400 倍に拡大した場合学振法 (100 倍) に示す粒度番号 3.5～4.5 附近にあるものが概ね優秀な性能を示している。又複炭化物の固溶及び二次硬化も十分である。これらの点から本実験では一応上述の範囲にあるものを適當と認め各試料の焼入組織を調べた。即ち一般に保持時間の短い場合は焼入不十

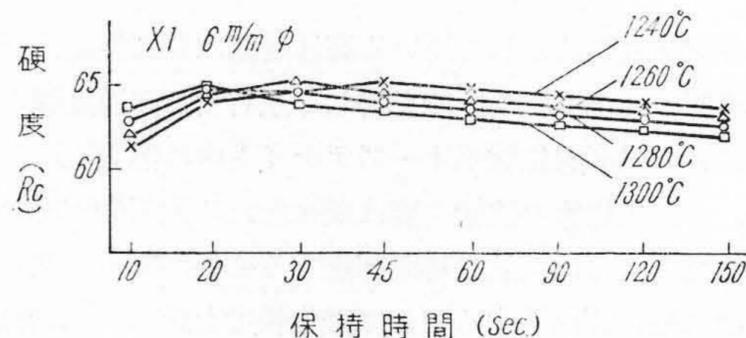
る。従つて最も適した組織を得るため焼入によるオーステナイト結晶性の大きにつき、その基準を決定出来ればよいのであるが、実際には試料の大小により素材時の結晶粒が種々異なるために困難である。これについて従来の結果では試料 10 mmφ 程度のもので、焼入によるオーステナイト結晶粒の大きさは顕微鏡により、400 倍に拡大した場合学振法 (100 倍) に示す粒度番号 3.5～4.5 附近にあるものが概ね優秀な性能を示している。又複炭化物の固溶及び二次硬化も十分である。これらの点から本実験では一応上述の範囲にあるものを適當と認め各試料の焼入組織を調べた。即ち一般に保持時間の短い場合は焼入不十



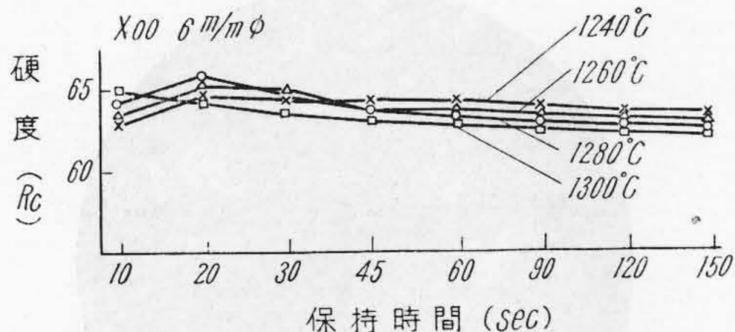
第 1 図 丸駒バイトの形状
Fig. 1. Shape of Specimen



第 2 図 焼入温度に於ける保持時間と硬度との関係
Fig. 2. Relation between Keeping Time at Quenching Temperature and Hardness



第 3 図 焼入温度に於ける保持時間と硬度との関係
Fig. 3. Relation between Keeping Time at Quenching Temperature and Hardness

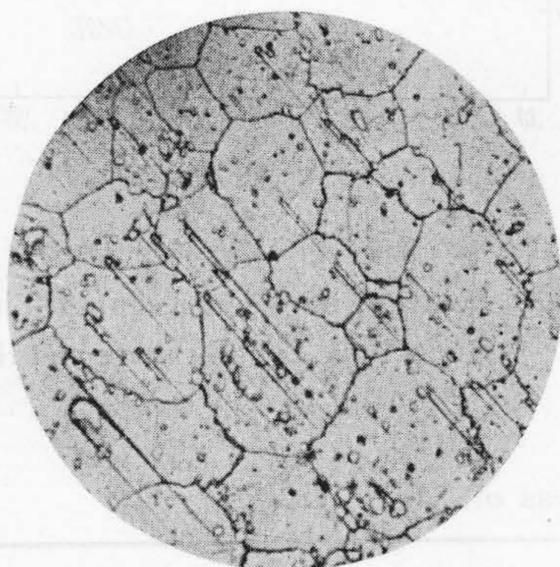


第4図 焼入温度に於ける保持時間と硬度との関係
Fig. 4. Relation between Keeping Time at Quenching Temperature and Hardness

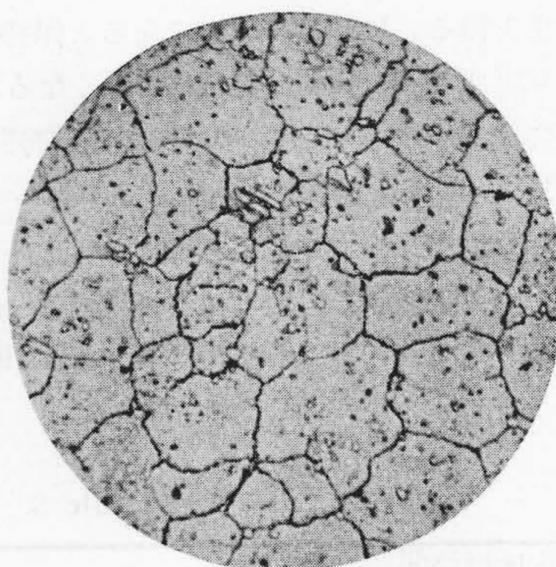
分のためオーステナイト結晶粒は不明瞭である。14mmφでは1,300°C及び1,260°Cで大体60秒以上又1,280°C及び1,240°Cで30及び20秒以上でないとも明らかでない。而して保持時間と共にオーステナイト結晶粒は成長し且複炭化物の固溶量を増すが、1,300°Cでは結晶粒成長速度可成り大にして粗大化し易い傾向にある。又1,340°Cでは逆に保持時間150秒程度でも結晶粒は小さく且複炭化物の固溶も少く後述の二次硬度も低い。10及び6mmφに於ては前述に比し短時間でオーステナイト

結晶粒は明瞭に現われるが、その傾向は14mmφの場合と略同様である。従つて試料の大きさにより、それぞれの焼入温度に対しその保持時間を変えることにより前述に示した結晶粒度のものが得られる。即ち第2表はこれらの組織及び焼入硬度から最も適当と思われる各焼入温度に於ける保持時間を示す。又第5図～第8図は組織の一例を示すが6mmφで1,300°Cに60秒保持したものは稍粗大にして且レデブライト共晶が僅かに現われ組織として稍不適當である。これらの結果から現場的焼入作業には焼入温度として1,260°C～1,280°Cが最も適當である。

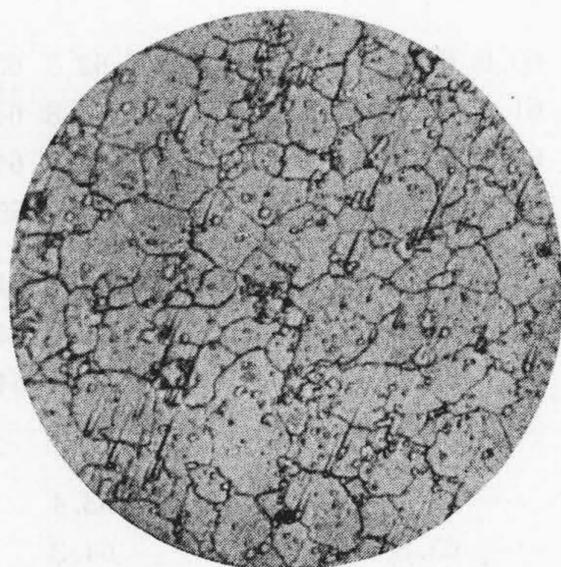
次に本鋼の焼戻温度は570～580°Cを用い且焼戻には2回繰返した方が切削耐久度を高める。第3表は上述の焼入試料につき575°Cに60分焼戻2回行つた場合の硬度を示す。即ち保持時間45秒以下では1,300°C焼入のものを除き一般に二次硬度は低く、焼入保持時間の不足が明らかである。それ以上では概ねRc63以上を示し、殊に第2表に示した保持時間の場合にはRc66～65を示し、この種製品の硬度として十分である。第9図は焼



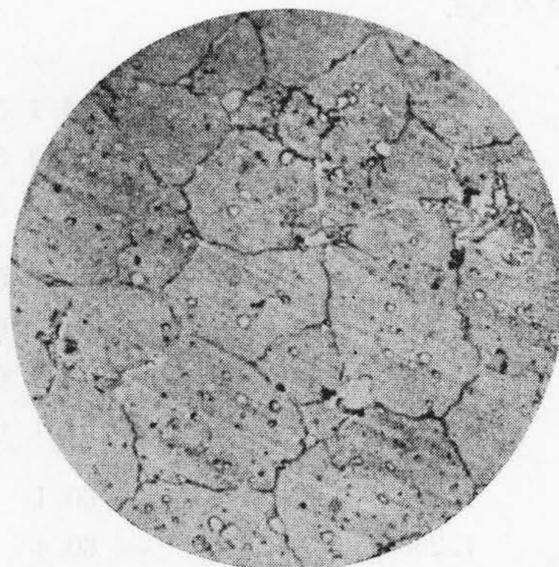
第5図 XI 14 mmφ 1,280°C×90 sec (×400)
Fig. 5. XI 14 mm dia. 1,280°C×90 sec



第7図 XI 10 mmφ 1,300°C×45 sec (×400)
Fig. 7. XI 10 mm dia. 1,300°C×45 sec



第6図 XI 10 mmφ 1,240°C×150 sec (×400)
Fig. 6. XI 10 mm dia. 1,240°C×150 sec



第8図 XI 6 mmφ 1,300°C×60 sec (×400)
Fig. 8. XI 6 mm dia. 1,300°C×60 sec

第 2 表 保 持 時 間 (sec)

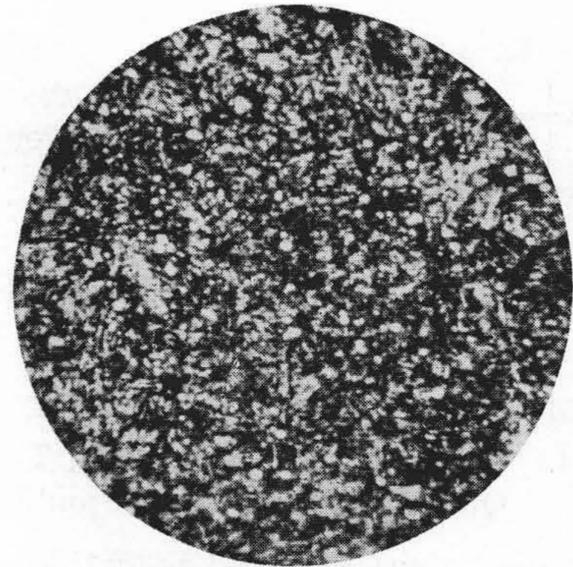
Table 2. Keeping Time for Quenching (sec)

焼入温度	14 mmφ	10 mmφ	6 mmφ
1,240	—	150 以上	120~135
1,260	120~135	90~105	75~90
1,280	90~105	60~75	45~60
1,300	60~75	45~60	30~40

戻組織の一例を示す。

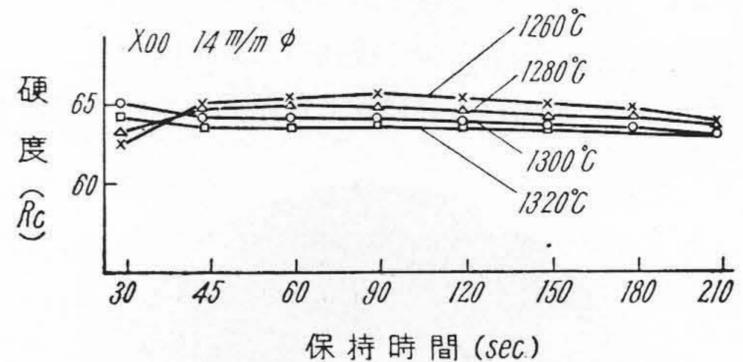
(2) 低 W~Co 高 速 度 鋼 X00 に つ い て

第 10 図及び第 11 図は試料 14 及び 6mmφ の焼入に於ける保持時間と硬度との関係を示す。即ち 14 mmφ の場合曲線の傾向は前述と略同様であるが保持時間 30 秒でも硬度は可成り高い。これは XI に比し C 量の稍高いこと及び Co 添加により C の溶解度を高め、硬化に要する保持時間を短時間側に移行しその範囲を稍拡げるものと思われる。又 10 及び 6mmφ に於いてもその傾向は前述と略同様である一方焼入組織を調べたが XI に比し著しい差異は認められない。従つてこの種細物製品の焼入には XI と同様に 1,260°C~1,280°C を用いた方が好結果を得る。1,300°C 以上になると保持時間の如何によりレデブライト共晶が現われて脆くなる。例えば 14 mmφ では 1,300° 及び 1,320°C で保持時間 120 及び 90 秒又 10 mmφ では 1,300 及び 1,320°C の場合それぞれ 90 及び 60 秒附近からレデブライト共晶が認められる。尚 1,280°C 以下に於ては本実験範囲の保持時間で現われない。又各試料につき 575°C に 2 回繰返焼戻



第 9 図 XI 10 mm 1,260°C×90 sec 焼戻 575°C (×400)

Fig. 9. XI 10 mm dia. 1,260°C×90 sec Tempered at 575°C

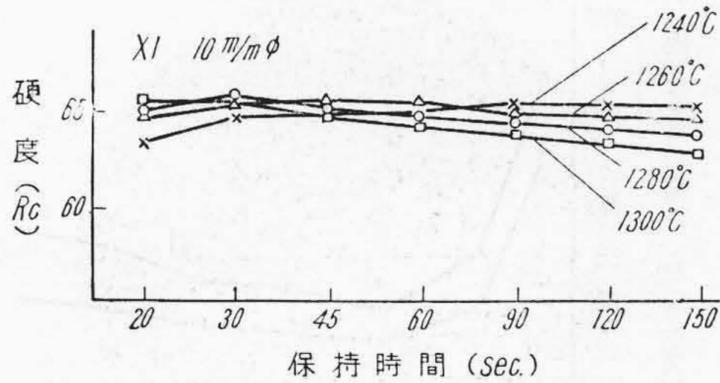


第 10 図 焼入温度に於ける保持時間と硬度との関係
Fig. 10. Relation between Keeping Time at Quenching Temperature and Hardness

第 3 表 焼 戻 硬 度

Table 3. Tempering Hardness of XI

焼入保持時間	焼入温度	焼戻回数															
		10 sec		20 sec		30 sec		45 sec		60 sec		90 sec		120 sec		150 sec	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
14 mmφ	1,240	—	—	—	—	—	—	58.9	58.9	60.0	60.2	61.9	62.2	62.5	62.3	63.1	62.8
	1,260	—	—	54.0	54.1	56.9	56.9	58.9	58.4	61.0	60.7	63.7	63.7	64.0	63.8	64.3	64.5
	1,280	—	—	56.2	56.0	57.8	57.5	61.2	61.0	62.3	62.0	63.9	63.7	64.6	64.5	64.5	64.6
	1,300	—	—	57.0	56.9	59.2	59.0	63.0	62.4	64.3	64.0	65.1	64.9	65.5	65.0	65.6	65.3
10 mmφ	1,240	—	—	57.1	56.9	59.7	59.3	61.8	61.2	62.1	62.7	62.9	62.9	63.9	63.7	64.1	64.0
	1,260	—	—	58.9	58.4	61.1	61.2	62.8	62.5	62.8	62.4	64.6	64.0	64.7	64.3	64.5	64.5
	1,280	—	—	60.3	59.9	61.2	61.0	63.6	63.2	63.7	63.7	64.6	64.3	65.4	65.4	64.5	64.9
	1,300	—	—	61.3	61.1	62.3	61.9	64.4	64.1	64.9	64.7	65.7	65.7	65.4	65.1	—	—
6 mmφ	1,240	—	54.8	—	60.1	—	60.4	—	62.1	—	62.4	—	63.1	—	63.4	—	63.6
	1,260	—	56.0	—	60.4	—	62.1	—	62.7	—	63.8	—	64.0	—	64.3	—	65.0
	1,280	—	56.8	—	60.2	—	63.3	—	64.0	—	64.0	—	65.5	—	65.5	—	65.0
	1,300	—	58.0	—	61.0	—	64.0	—	65.2	—	65.3	—	65.0	—	65.2	—	65.2



第 11 図 焼入温度に於ける保持時間と硬度との関係
Fig. 11. Relation between Keeping Time at Quenching Temperature and Hardness

を行い硬度を測定した。第 12 図は 10 mmφ の結果を示す。即ち焼入温度の高い程焼戻硬度は高く且保持時間を増す程概ね上昇するが 60 秒以上は余り大差がない。他の試料に於ても略同様な傾向を示す。尚 XI に比し硬度は一般に高い。

(3) 丸駒バイトについて

XOO を用いた丸駒バイトにつき前述と同様に実験した。第 13 図は各焼入温度に於ける保持時間と硬度との関係を又第 14 図はこれが焼戻に於ける硬度の変化を示す。而して第 4 表はこれらの硬度及び組織から最も適当と思われる焼入に於ける保持時間を示した。

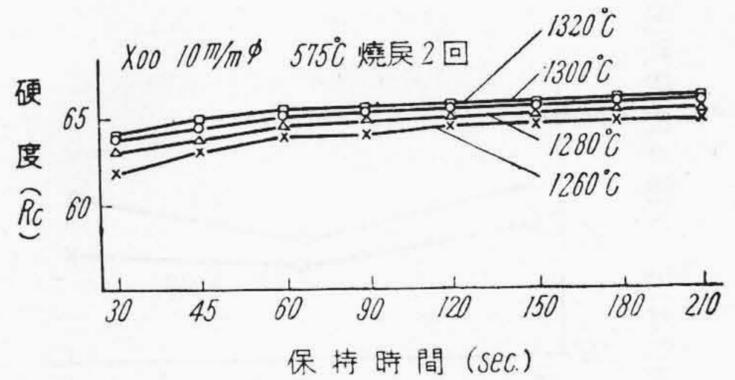
第 4 表 保 持 時 間
Table 4. Keeping Time of Quenching (sec)

焼 入 温 度	保 持 時 間 (sec)
1, 260	140~160
1, 280	110~130
1, 300	80~90

尙この種形状のものは特に焼割を発生し易く、従つて焼入に於てはオーステンパー処理が適当である。

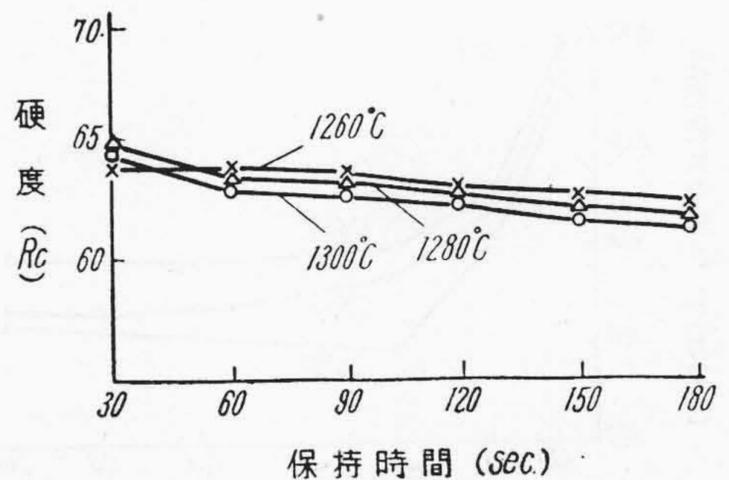
(4) 焼入温度及び保持時間と残留オーステナイトとの関係

先づ XI 及び XOO 共 1, 280°C に 90 及び 120 秒保持後水冷、油冷及び空冷を同時に行い弾種電流計法により飽和磁気の強さ I_{∞} を測定した。第 15 図はその結果を示す。即ち I_{∞} は両者共に油冷の場合が最も低い。従つて残留オーステナイトは他に比して多く又水冷及び空冷の場合は大差ない。次に 1, 260, 1, 280 及び 1, 300 °C 10~180 に秒保持し油冷した場合の I_{∞} の変化を調べた。第 16 図及び第 17 図はその結果を示す。XI の場合 1, 260°C では保持時間 60 秒附近までは時間を増す程 I_{∞} を減少し、即ち残留オーステナイトを増加する。それ以上に於ても I_{∞} は逐次低下の傾向を示すも大差はない。1, 280°C に於てもその傾向は前述と同様で 60

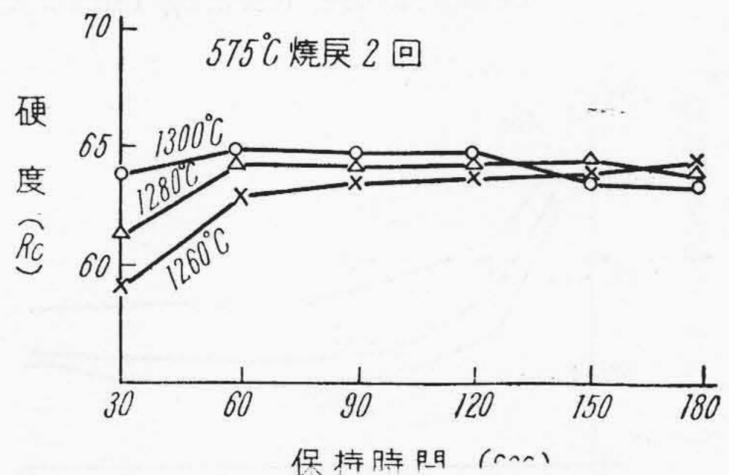


第 12 図 焼入温度に於ける保持時間と焼戻硬度との関係

Fig. 12. Relation between Keeping Time at Quenching Temperature and Tempering Hardness



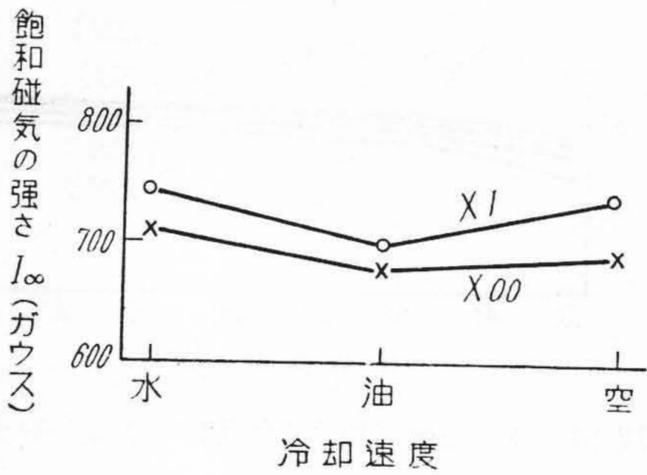
第 13 図 焼入温度に於ける保持時間と硬度との関係
Fig. 13. Relation between Keeping Time at Quenching Temperature and Hardness



第 14 図 焼入温度に於ける保持時間と焼戻硬度との関係

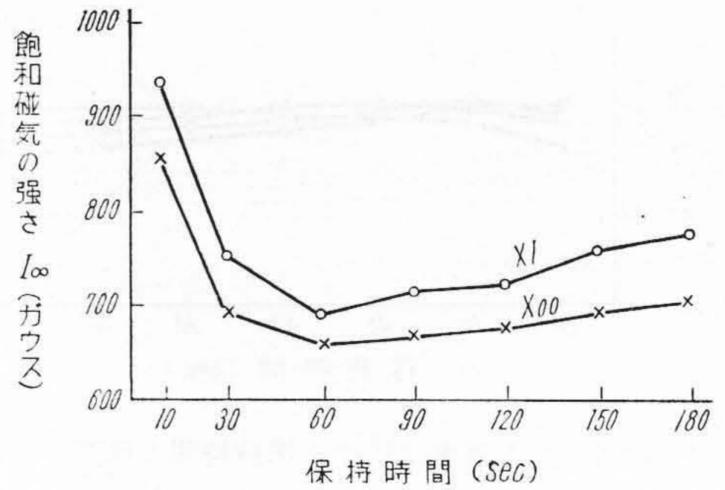
Fig. 14. Relation between Keeping Time at Quenching Temperature and Tempering Hardness

秒以上に於ける低下は比較的緩慢である。又 1, 300°C では 60 秒以上に於て保持時間を増す程 I_{∞} は逆に上昇する傾向を示す。而して焼入温度を上昇する程 I_{∞} を減ずる。即ち残留オーステナイトを増加することが認められる。一方 XOO に於てもその傾向は前者と同様であるが I_{∞} は全般的に低い。又第 18 図は焼入温度 1, 320 °C の場合を示すが 60 秒附近 I_{∞} よりを増加し、その傾



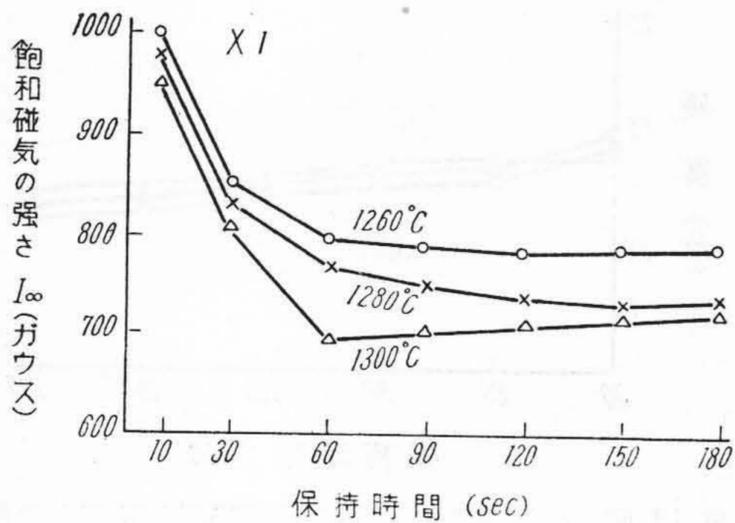
第 15 図 冷却速度と I_{∞} との関係

Fig. 15. Relation between Cooling Velocity and I_{∞}



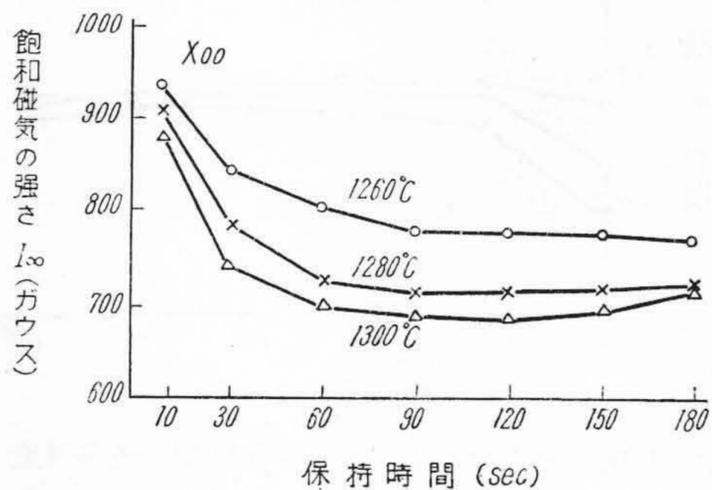
第 18 図 1, 320°C に於ける保持時間と I_{∞} との関係

Fig. 18. Relation between Keeping Time at 1, 320°C and I_{∞}



第 16 図 焼入温度及び保持時間 I_{∞} との関係

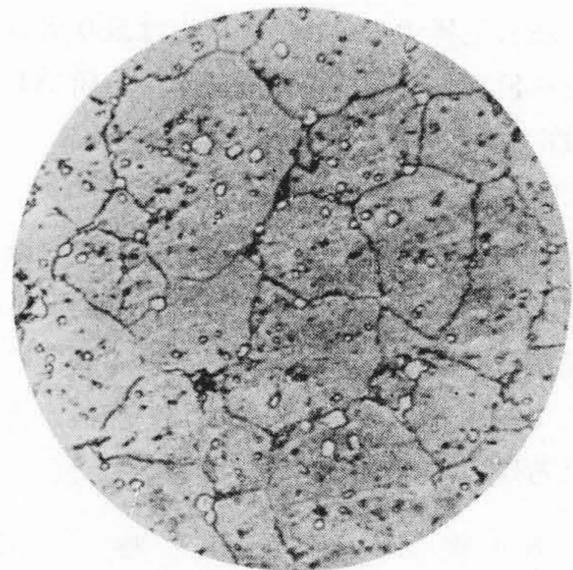
Fig. 16. Relation among Quenching Temperature, Keeping Time and I_{∞}



第 17 図 焼入温度及び保持時間と I_{∞} との関係

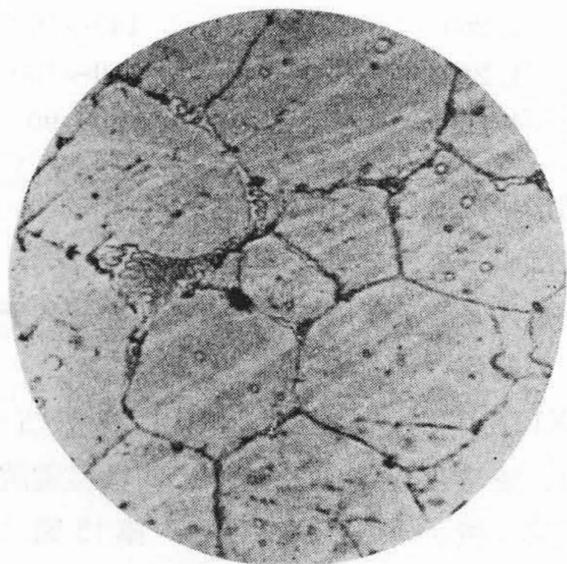
Fig. 17. Relation among Quenching at Temperature, Keeping Time and I_{∞}

向は前述より著しい。即ち XI 及び X00 共この種試料に於ては 1, 260°C~1, 320°C の範囲で、その温度に加熱した場合の残留オーステナイト量は 60 秒程度の保持で概ね最高近くになるものと思われる。又 1, 300°C 以上に於ける長時間保持の場合 I_{∞} の上昇する理由は、高温加熱によりレデブライト共晶が現われ、従つてオーステナイト中に固溶せる C 量及び Cr 合金元素が多少少



第 19 図 XI 1, 300°C×60 sec (×400)

Fig. 19. XI 1, 300°C×60 sec

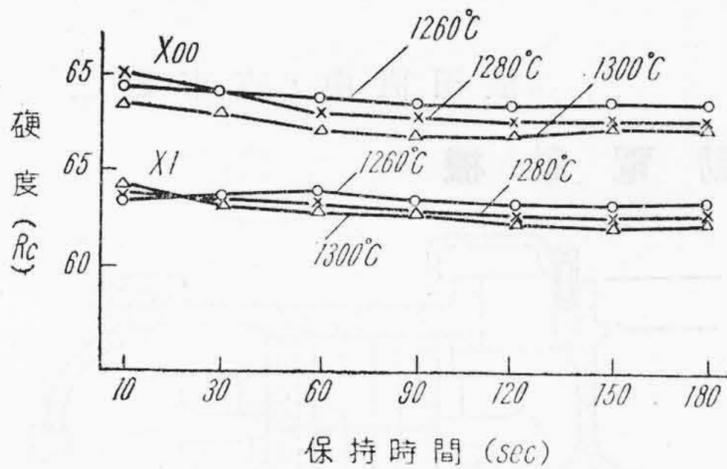


第 20 図 XI 1, 300°C×150 sec (×400)

Fig. 20. XI 1, 300°C×150 sec

なくなり、オーステナイトは不安定となつて、より多くマルテンサイトに変化するため残留オーステナイトを減少するものと思われる。即ち保持時間を増す程レデブライト共晶も多くなり従つてマルテンサイトへの変化も大きく、前述の如く I_{∞} を上昇するものと思われる。第 19 図及び第 20 図は XI の 1, 300°C に 60 及び 150 秒保

[IV] 結 言



第 21 図 焼入温度及び保持時間と硬度との関係
Fig. 21. Relation between Quenching Temperature, Keeping Time and Hardness

持した場合の組織を示すが後者の方レデブライト共晶が可成り現われている。尙これら長時間保持の場合、硬度を多少増加するのではないかと思われたが測定の結果は第 21 図に示す如く余り明瞭な差異を示さなかつた。

XI 及び X00 の寸度 14~6 mmφ, 長さ 70 mm について焼入温度、保持時間、硬度及び組織との関係を調べこれら細物に対する最も適当な焼入温度及びその保持時間を決定した。即ち現場に於ける焼入作業には 1,260°~1,280°C を適当とし且それぞれの寸度により保持時間を変えればよい。又 XI 及び X00 に於てはこの種寸度の場合大差がなく、熱処理温度及び保持時間は略同一に取扱つて差支えない。尙ドリル、タップ、リーマー等の切り刃の部分は薄いので、上述の焼入温度と保持時間は多少考慮の必要があり、即ち同一焼入温度ならば保持時間を多少少な目に選ぶことが必要であろう。

一方焼入温度が高く且保持時間の比較的長い場合、特に 1,300°C 以上に於ては保持時間 60 秒以上になると ∞ を逆に増加し即ち残留オーステナイトを減少するがこれはレデブライト共晶の生成によるものである。従つてこの点からも適正な保持時間の範囲を知ることが出来る。

終りに本実験の磁気測定に協力された西沼輝美君に謝意を表する次第である。

第 34 卷 日 立 評 論 第 10 号

—特別論文—

- ◎ 故小平前日立製作所社長の遺影及び記録文書の永年保存について……………小平浪平翁記念会
- ◎ 高級エレベータの制御について……………日立製作所・多賀工場 藤 森 和 夫
- ◎ 模型水車による Index Test 法の一実験……………日立製作所・日立工場 { 山 崎 卓 爾
手 島 友 亮
- ◎ 電 弧 炉 の 自 動 制 御……………日立製作所・日立工場 { 泉 千 吉 郎
吉 岡 幸 平
- ◎ 精 密 調 整 用 多 段 制 御 器……………日立製作所・日立工場 { 豊 田 隆 太 郎
楊 元 之
- ◎ 携 帯 型 電 力 線 搬 送……………日立製作所・戸塚工場 { 三 木 正 一
内 藤 大 三
- ◎ 炭素送話器の温度に依る異状現象の研究……………日立製作所・戸塚工場 三 木 正 一
- ◎ エレベータ用ウォームの歯形とウォーム歯車……………日立製作所・多賀工場 景 浦 敬 次 郎
- ◎ 高圧ケーブル用混和物の低温特性……………日立製作所・日立電線工場 { 下 山 田 富 保
遅 塚 信 男
- ◎ 有機接着剤の接着強度について……………日立製作所・中央研究所 { 福 村 勉 郎
河 合 麟 次 郎
- ◎ 砂鉄精錬に関する研究(第2報)……………日立製作所・安来工場 中 村 信 夫
——木炭角炉操業改善に関する理論的考察——
- ◎ 安来製電磁軟鉄の磁性に就て……………日立製作所・安来工場 { 小 柴 定 雄
山 中 輝 夫
古 川 巖
西 沼 輝 美

東京都品川区
大井坂下町2717

日 立 評 論 社

{ 誌代一冊 ¥ 100 丁 ¥ 4
半年分 ¥ 400(送料共)
一年分 ¥ 800(送料共)

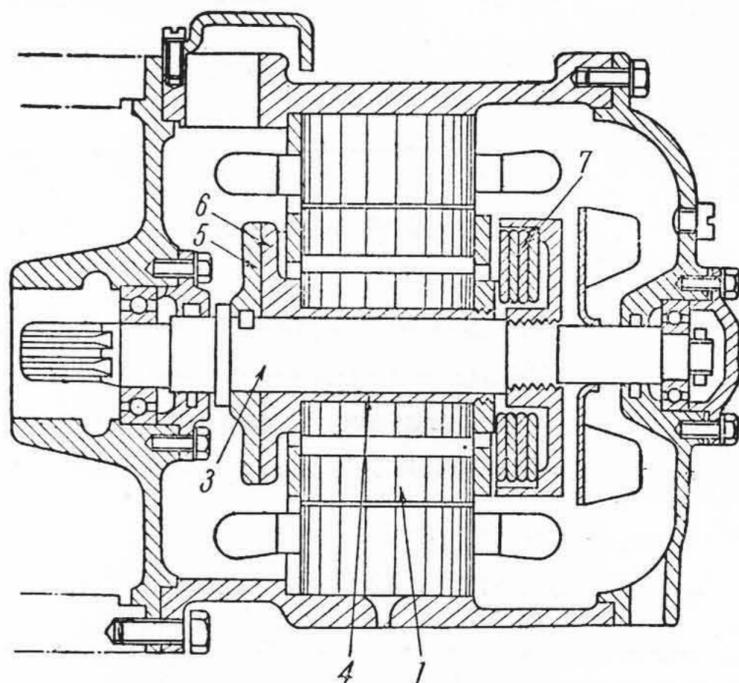
実用新案第388827号

横田直中・古市光之

ホ イ ス ト 駆 動 電 動 機

この考案は、電動機軸に3回動自在に嵌めた支持筒に電機子を固定し、この支持筒4の一端を拡大して、形成した円板6に軸3に固定した円板5を対向せしめ、円板6を板バネ7を以て円板5に圧接せしめてなるものである。従つて、電動機に衝撃的の負荷がかかつたとき又は過負荷の場合等には電機子1は、支持筒4と共に空転し電動機の破損又は焼損を防止し得るものである。

(田 中)



— W.W. LEWIS 著 —

德田 巽 共譯
相木 一男

— 雷に対する —

送電系統における雷防護

送電線・発電所の設計及防護に関する最高指針

目下配本中・御申込は直接本社へ！

B5判(大型)・高級学術紙
本クローズ表紙函入・330頁

主要目次

- ★ 第1章 雷の発生
- ★ 第2章 雷撃の機構
- ★ 第3章 雷および線路開閉による異常電圧
- ★ 第4章 雷電流
- ★ 第5章 雷電圧および雷電流の波形
- ★ 第6章 架空地線および遮蔽柱の遮蔽
- ★ 第7章 鐵塔接地抵抗を低くする方法
- ★ 第8章 導線の絶縁と線間距離
- ★ 第9章 其の他の送電線防護の方法
- ★ 第10章 発電所および回轉機器の雷防護
- ★ 第11章 中性點の接地
- ★ 附表 第A表 ★第B表 ★日米の送電事情

讀者の皆様へ

本書の原著者 W. W. LEWIS 氏は衆知の如く米国に於ける雷研究の権威者であります。ルイス氏は本書に於て氏自身の永年の成果である運転実績、実験資料をもとにして執筆され吾国の最新の避雷設計及び絶縁設計に於てもこれらのデータを用いて実施した例を見る事が出来るのであります。蓋し吾国の送電系統に貢献せる所大なるものがあると云えませう。

今や吾国に於ても超高压送電の研究が盛んに行われて居りますが、超高压送電研究の中最も重要なテーマは絶縁の問題であり雷の研究は一日もゆるがせにする事が出来ません。電力関係の技術者は勿論、電機メーカー、電気学専攻の人特に電力系統に興味を有する人は是非一読して頂きたい。

本書は平易に書かれて居りますが、更に理解を容易ならしむるため各章末に「註」を附し、又巻末には「日米の送電事情」なる一項を設けて日米送電系統一般について解説をつけましたから御参考にして頂けるものと思ふ。

譯者より

京都市左京區下鴨西梅ノ木町49
振替口座 京都24678番

電力社

定価 900円 770円