

概にいえぬが、改造後は均熱帯入口の鋼塊温度が相当高くなっている。また鋼塊上下面の温度差も従来 50°C 近くあったものが 30°C 以下になつており、端面の過熱も少なくなつた。

3. 燃焼状況

下部加熱室容積の増大とスキッドの改造により、各帯の熱負荷は Table 1 の如く変化した。炉圧は従来 2.4 mm H₂O 以上にすると燃焼不良となつて作業に支障を来したが、高圧蒸気による重油霧化の改善により燃焼状況が良好となり、3 mm H₂O にしても充分操業し得るので、抽出口附近の鋼塊の侵入空気による冷却が減少した。均熱帯の温度は改造前の 1340°C から最近では 1270~1300°C に下げて操業している。

熱精算その他の測定結果については別表により説明する。

(14) 炭素を安定化した低炭素 Ti 鋼の諸性質

(Some Properties of Carbon-Stabilized Low-Carbon Ti Steels)

Toshio Saito

防衛庁技術研究所 齋藤利生

I. 緒言

鋼中に添加した Ti は N₂, S, C の順にこれ等の元素と結合して夫々窒化物、硫化物および炭化物につくることが知られており、C量の 5~6 倍の Ti 量が鋼中にある時は鋼中の C は全部 TiC の形で存在すると考えられている。鋼中の C が全部 TiC の形となつた Ti 鋼は、Fe₃C の存在により実用上生ずる種々の現象を起さない特性を持っている。即ちこの特性を利用したものとしてはアンモニア合成用鋼、エナメリング用鋼、18-8鋼の粒界腐蝕の防止等が挙げられる。筆者も C を安定化した Ti 鋼の実用化を企図して試験を行つたところ 2, 3 の難しい現象に遭遇する結果となつた。これ等現象の理論的な解明はまだ結論を得ていないが大方の参考として発表することとした。

II. Ti 鋼の試作

試作した低炭素 Ti 鋼は板厚 6 mm の板材を目的としたもので、次の指定成分により 6t エル式電気炉により溶解した。

C	Si	Mn
0.10%以下	0.3~0.5%	0.3~0.6%

P.S

0.030%以下

Ti

0.5~0.7%

茲で C を安定化するためには C % はなるべく低い方が Ti の添加量は少なくてすむわけであるが、C を低下することは特別な作業を要するので一応 C % は 0.10% とみて、C % の 5~6 倍の Ti に留る様に指定した。

Ti の添加は Ti 27.69%, Al 8.46% の低炭素 Ferro-Ti を使用し、径 3 cm 以下の小塊に砕いて取鋼に投入した。

第 1 回の溶解材は Ti の歩留りが悪く Ti % 低く過ぎたため、鋼塊を切断して Ti の偏析の有無を調べる試料とした。その結果は偏析は極めて少なく添加方法としては差支えないことが判つた。

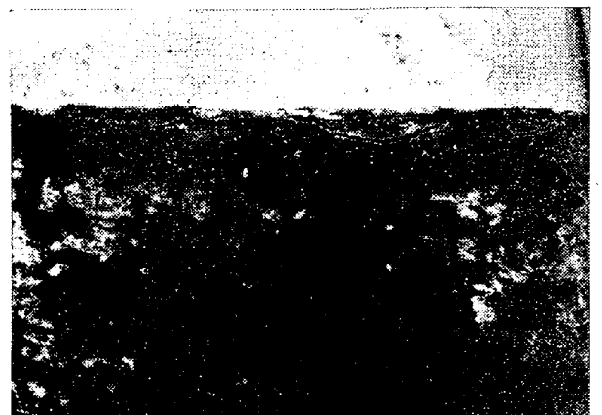
第 2 回は投入前に Ferro-Ti を約 700°C に焙焼して前回と同様に溶解した結果、Ti の歩留りは 40% 以上に止つて次の成分の Ti 鋼を得ることができた。

Charge No.	C	Si	Mn	P	S
464	0.10	0.39	0.42	0.010	0.016
	Ti	Al			
	0.64	0.295			

板材に圧延するため溶湯は 1~1.5t の Slab Ingot に铸込んだが、極めて多量の Ferro-Ti を添加したため slag の流動性が悪くなり、鋼塊は何れも著しく筋肌悪いものができて 2~3 cm 程度も皮むきを必要とした。この問題は将来改善しなければならない点である。

III. 冷間加工による脆化

鋼塊は爾後熱間圧延して 6 mm 厚の板としたが、引き続き焼鈍後の鋼板を Shearing Machine により切断したのち偶々剪断縁部を鋸打したところ、極めて脆く縁部に亀裂を生じて欠けるものがあることを見出した。亀裂



Example of cracks caused by hammering at the cold shear edge in the annealed 6 mm-thick Ti steel plate.

Photo. 1. Cold work brittleness of Ti steel plate.

の入る状態は Photo. 1 に示したが、この現象は C を安定化した Ti 鋼の冷間加工硬化が著しくて冷間剪断によつて脆化したのではないかと推論して以下 2, 3 の試験を行つた。

(1) 冷間加工による硬度変化

先ず Photo 1. の剪断縁の脆化した鉄から小片を採り冷間剪断加工による硬度の変化を測定すると共に、同一試片を Brinell 硬度計により圧痕を付けて圧痕部断面の硬度変化を測定した。爾後両試料を 200~800°C の各温度に加熱してその都度硬度を測定し、冷間加工後の熱処理による硬度の低下を調べた。以上の結果は剪断および圧痕共に冷間加工の影響はほぼ同様で、硬化は Vickers No. 70~80、硬化の深さは端部から 10mm 程度に過ぎず、また硬化部は 700°C の加熱ではほぼ完全に平常に復していた。

(2) 加工度と硬度との関係

焼鈍した同一試料の抗張試験片を破断後長い方の破片を平らに削つて破断面からの距離に依る硬度と絞りを測定して冷間加工度と硬度との関係を求めた。結果は Fig. 1 の如くで、加工度の低い範囲では硬化は著しく、加工度 50% 程度になると硬度はほぼ一定値となる様である。

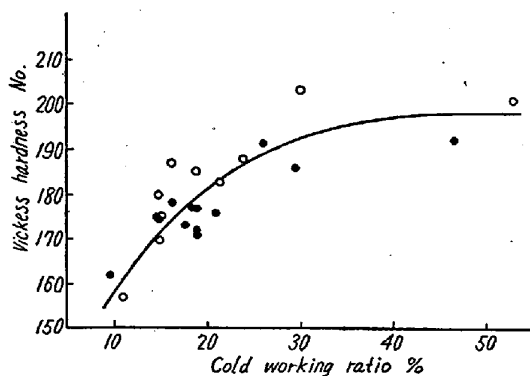


Fig. 1. Relation between cold working ratio and hardness in Ti steel.

(3) 冷間加工後の熱処理と衝撃値

熱間鍛造により 14mm 角に仕上げた角棒を常温にて Steam hammer により鍛打して 10mm 角に仕上げて衝撃試験片を作つた。加工間は何等異常はなく、冷間加工のままの肌で寸法誤差は多少あるが加工度 44% の衝撃試験片は、冷間加工のままおよび 100~700°C の各温度に加熱空冷して衝撃値および硬度を測定した。加熱温度と硬度および衝撃値との関係は Fig. 2 の如くである。即ち硬化は加熱温度の上昇に伴つて低下するにも拘らず、一旦脆化した低衝撃値は 700°C の加熱においてもなお回復されていない。硬度は軟化しているのに脆性

は回復されないことは、冷間加工の影響の回復は硬度のみに依存できないことを示しており注意を要する問題である。

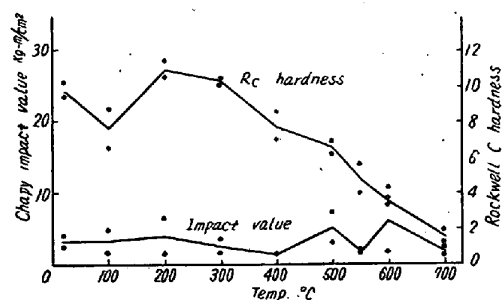


Fig. 2. Relation between hardness, impact value and heating temperature after cold work in Ti steel.

(4) Strain aging 試験

抗張試験片により焼鈍状態および予め 6% の strain を与えた後 250°C で 1h 加熱して aging せしめ再び同様に引張試験を行つて諸元および stress-strain curve を比較した。その結果 6% strain 後の aging により降伏点、抗張力は僅かに高くなるが Strain aging の著しい材料とは考えられない。

III. 熱間加工の影響

熱間鍛造および爾後の熱処理の影響について衝撃値および硬度を測定したが Ti 鋼は熱間加工のままでも硬度は低く衝撃値もさほど低下していない。加熱温度が高くなると硬度は低下するが衝撃値は高くなるのは冷間加工の場合と同じ現象である。

IV. 総括

鋼中に C% の 5~6 倍の Ti を添加して C を安定化した低炭素 Ti 鋼を 6t 電気炉により試作して、実用化を目的として諸試験を行つた結果次の事が明らかとなつた。

- (1) Ti の歩留りは極めて悪く Ferro-Ti を取鍋投入前約 700°C に焙焼して始めて 40% 以上の歩留りを得た。
- (2) 多量の Ferro-Ti の添加による熔湯の流動性不良のため鋼塊は何れも鑄肌の悪い結果となつた。
- (3) 焼鈍後の冷間加工による硬度を増すと共に脆化する。硬化率は加工度の低い範囲で著しい。
- (4) 冷間加工により硬化した試料は爾後の 700°C の加熱によりほぼ完全に軟化するが、一旦低下した靱性は 700°C 以下の加熱では回復し得ない。
- (5) 熱間加工のままの状態においては硬度も低く衝

撃値の低下も僅かである。

(6) 冷間加工による Ti 鋼の脆化の原因は多量の Ferro-Ti の添加により鋼中に存在する Al によるものか、或いは溶性 Ti の多量の存在によるものかの何れかと思われるが将来研究を要する。

(15) ピーニング用ショットに就いて
(IV)

(残留応力と疲労強度)

On the Shot for Peening (IV)

(Residual Stress and Fatigue Limit)

Kazunori Kamishohara, et alius

三菱鋼材 K.K. 本社製作所

内山 道良・理〇上正原和典

I. 緒 言

筆者等は先に第Ⅲ報において、種々の硬度に仕上げた磨きバネ板試片に対し種々の硬度のショットによるピーニングを行つて、試片に生ずる残留応力の分布状態を報告したが、これによると試片表面にはほとんど凹凸を残さず、しかも残留応力は飽和状態になるようなショットピーニングの可能性が認められた。それ故筆者等は重ねて研磨したバネ板試片に、残留応力はほぼ同じではあるが表面の凹凸の状況は極端に異なるような軟、硬2種類のショットによるピーニングを行つた後、シュンク式大型試験機による繰返し曲げ疲労試験によつて両者並びに研磨試片間の疲労強度の比較を行つたが、本報においてはこの結果について報告する。

II. 試料及び試験方法

疲労試験片の化学成分および寸法は Table 1 に示した通りで、これに Table 2 に示すような熱処理並びにピーニング処理を施した後、Fig. 1 に示したような大型シュンク式疲労試験機による繰返し両振り曲げ試験を行つた。但しショットは 0.58% C, 0.8 mm のカットワイヤーショットで、適当な熱処理を施した後 Table 2 に示したような硬度に揃えたものを使用した。

III. 測定結果

研磨後試片より軟いショットでピーニングしたものは表面が比較的平滑でプロフィログラフによる表面粗さも 2μ 程度であるが、残留応力は第Ⅲ報の結果からみて約 60 kg/mm² はあり、また研磨後試片より硬いショット

Table 1. Chemical composition and size of specimen

Chemical composition (%)	C	Si	Mn	P	S
	0.56	1.55	0.88	0.023	0.025
Size (mm)	7 (thickness) × 45 (width)				

Table 2. Treatments of specimen

Heat treatment and hardness	Treatment before peening	Hardness of shots (H _{v(5)})
850°C O. Q. 580°C T. H _{v(30)} 409	Polished with 000 emery paper	(As polished)
//	//	303
//	//	726

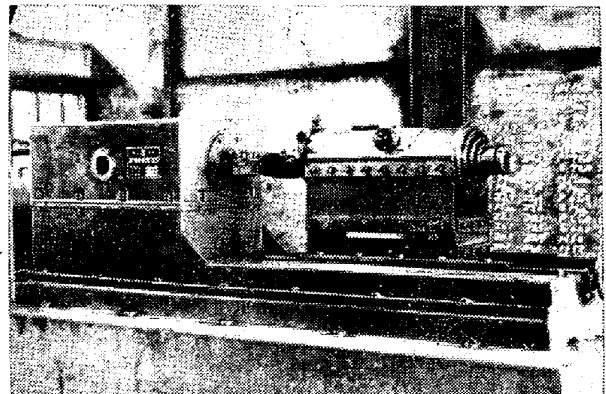


Fig. 1. Schenck's fatigue-testing machine (200 kg m)

でピーニングしたものの残留応力は軟かいショットの場合とほとんど同じであるに拘らず表面の凹凸は甚しく、20~30μ に達している。これらに対し研磨のままの試片は表面粗さが 1μ 以下、また残留応力は極めて少ないものである。以上3者につき両振り曲げ疲労試験を行つたのであるが、その結果は Fig. 2 に示す通りで、ピーニングしたものは何れも研磨のままのものに比して疲労限が約 6 kg/mm² 上昇しており、ショットの軟、硬による差は認められなかつた。

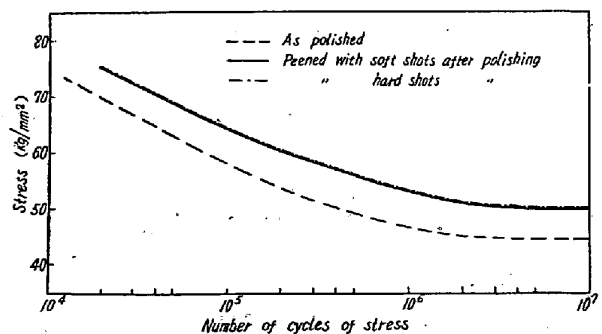


Fig. 2. S-N diagrams for three kinds of treatments.