

Fig. 3. Change of mechanical properties of the wires by drawing.

りあげて実用的見地から検討して線材の伸線性の良否を判断する簡単な方法を考えた。すなわち線材の抗張力-絞り図において各線材の図内の位置から判断するものでこれは圧延、伸線工程の品質管理に役立つものと思われる。

文 献

- 1) 西岡: 日本金属学会誌, 22 (1958) 3, p. 225
- 2) 岡本, 江口, 富永: 鉄と鋼, 50 (1964) 10, p. 2034
- 3) 平野, 高橋, 山崎: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p.946

試作熱衝撃試験機による冷間工具鋼の研究*

(鍛鋼焼入ロールに関する実験-I)

三菱製鋼, 長崎製鋼所

佐藤和紀・竹内秀光・三浦勝重・坂下修一

Study on Cold Work Tool Steel Using Thermal Shock Equipment

(On the hardened steel rolls of cold strip mills - I)

Kazuki SATO, Hidemitsu TAKEUCHI

Katsushige MIURA and Syuichi SAKASHITA

1. 緒 言

冷間圧延用ワークロールの使用における事故としては、ロール表面における絞込み、焼付、slip および end mark などの発生が最も重要である。このような衝撃的熱影響を受けたロール表面は組織変化による材力低下、焼戻収縮による応力発生および高い圧延圧力ならびに圧縮残留応力とも関連した複雑な応力挙動などによつて部分的損傷を起こすと同時に最悪の場合には spalling の発生で使用不可能となる。

* 第72回講演大会にて発表 講演番号 270 昭和41年11月10日受付

従来鍛鋼焼入ロールに関する耐事故性についての研究は非常に少なくまた必ずしもこれらの研究によつてロール表面被害の機構が明らかにされていない。実体ロール表面に溶湯を接触凝固させた場合の熱影響についての報告は最も实际的ではあるが、これでは定量的把握は困難でしかも実験室的に再現させることは不可能である。また G. F. MELLOY²⁾はロール材について不連続組織を有する場合の亀裂発生についてのべているが実際の圧延条件およびロール表面に必然的に存在する残留応力などを加味したものではない。さらに L. P. TARASOS³⁾の報告では grinding burn について説明を行なつており、burn 発生機構そのものはロールの事故と類似したものといえようが、これに影響をおよぼす要因とその寄与する程度については明らかでない。

したがつて著者らは、ロールの耐事故性の主因である熱衝撃において、残留応力および焼戻挙動が破断機構に対していかなる影響をおよぼすかについて明らかにすると同時に成分を若干異にした2鋼種で破断特性がどう異なるかを比較した。

2. 試験機の概要

実験に使用した試験片の形状寸法を Fig. 1 に示した。本装置の特徴は Coffin 型熱疲労試験機と同様試験片に直接電流を通じ発熱させるものであるが、加熱速度が 300~400°C/sec とかなり速く、充満試験片で発生する熱応力および焼戻寸法変化に起因せる応力を十分に拘束でき、しかも通電前に試験片に 0~300 kg/mm² の圧縮あるいは引張力を pre-set しても剛性を持続できることである。しかも Coffin 型のように繰返し熱疲労を与えるのではなく 300~400°C/sec の急速加熱とそれより速い冷却速度を1サイクル付与するものである。このとき拘束内で発生する応力変化を支柱にとりつけた strain-gage で動的に計測できる機構となつている。冷却方法は所定の加熱温度に達すると自動的に電気回路が Off となり同時に水冷用として取り付けられたノズルが全開して試験片平行部を急冷する。

3. 実験結果

熱衝撃試験においてロール表面の圧縮残留応力を想定せる pre-set 圧縮応力が破断におよぼす影響を最高加熱温度との関連で示したのが Fig. 2 である。供試材成分は同図に示したもので一般に広くロール材として使用されているものである。特にこの成分中クロム量が 1.8% と 2.1% について比較した。これら試験片はいずれもロール本体と同等の熱処理を与え HRC 62 に調整されている。

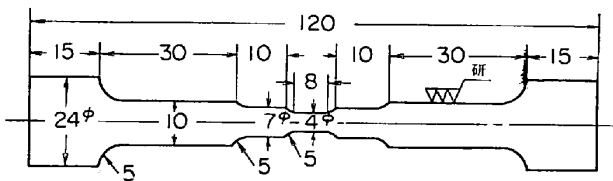
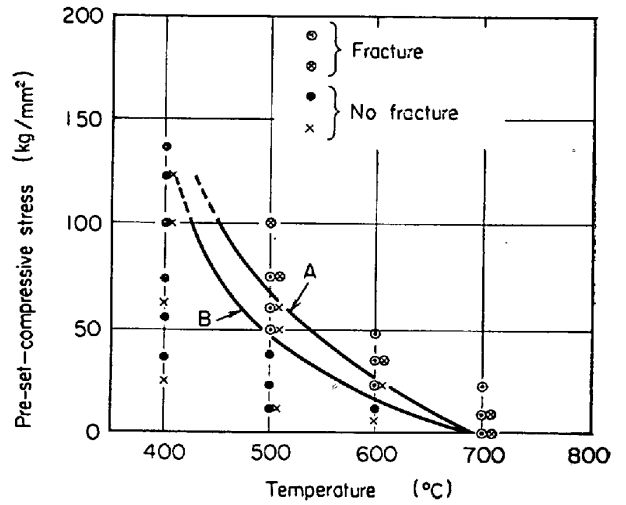
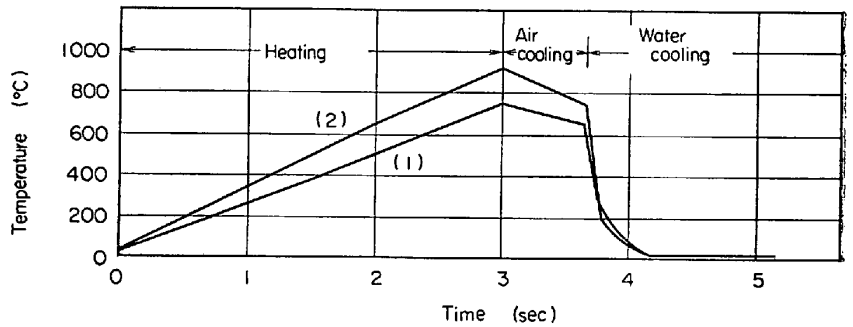


Fig. 1. Shape and dimension (mm) of test piece.



Sample	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
A Steel	0.85	0.21	0.25	2.10	0.25	0.10
B Steel	0.85	0.21	0.25	1.80	0.25	0.09

Fig. 2. Critical curve of thermal shock testing for steel A and B.



- (1) Pre-set compressive stress = 0 (kg/mm²)
- (2) " " = 100 (kg/mm²)

Fig. 3. Temperature-time curve.

最高加熱温度が 700°C であれば pre-set 応力を付与しなくても唯熱膨張収縮を拘束するのみで完全に破断してしまう。しかし pre-set 圧縮力が存在するとこれより低温でも破断することとなり圧縮力の大きなる程臨界破断温度は低下する。すなわち加熱温度と pre-set 圧縮力の相互関係から熱衝撃における臨界破断曲線の存在することが明確となつた。

次に熱衝撃による瞬間焼戻の挙動について焼戻収縮量ならびに焼戻後の機械的強度について調査した結果が Fig. 4 である。ほとんど瞬間的焼戻であるので一般に求められている焼戻硬度曲線とはかなり相異し明瞭な焼戻の第3段階は現出せず収縮量は温度とともに直線的に増加し抗張力は逆に直線的に減少する結果が得られた。この瞬間焼戻しにおいてもクロム量の高い A 鋼が焼戻抵抗および機械的強度の点で若干優れていることがわかつた。

破断前後における組織変化を Photo. 1 に示した。a ~ b は熱衝撃試験前の組織で HRC 62, c ~ d は平行

部破断位置より 2 mm 程度離れたところのかなり焼戻を受けた例である。一方 e~f は丁度破断位置にあたり

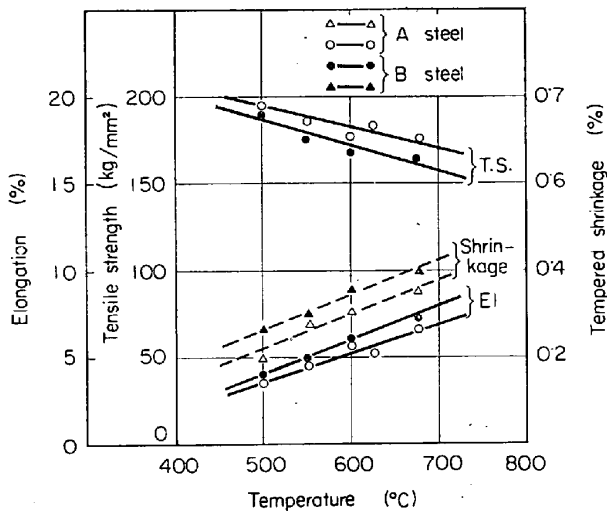
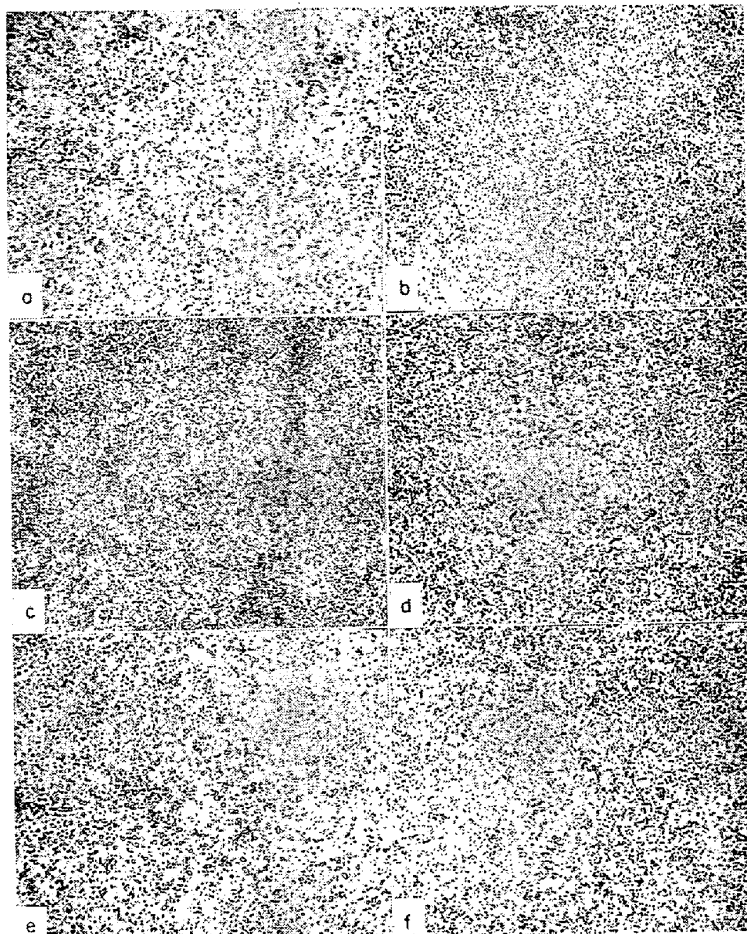


Fig. 4. Effect of tempering temperature on the tensile strength and tempered shrinkage.



- a) Initial microstructure of A steel
- b) " " of B steel
- c) High tempered structure of A steel
- d) " " of B steel
- e) Re-quenching structure of A steel
- f) " " of B steel

Photo. 1. Microstructure of A and B steel. (Magnification 400)

再焼入された組織で HRC 63 まで逆に硬化していた。

Fig. 3 は試験片中央に熱電対を点溶接し、電磁オシロにて通電時間と温度上昇の関係を計測した結果である。加熱時間を 3 sec として pre-set 圧縮力を 0 および 100 kg/mm² とした場合、圧力を加えた方が最高温度で約 100°C 高くなることが確められた。冷却に際し water cooling 開始までに air-cooling 域が存在するのは水冷パルプが開閉しても冷却水が作用するまでに若干の遅れがあるためである。

4. 考 察

冷間圧延用ロールの表面被害の機構を解明するために熱衝撃試験を施行し、Fig. 2 の臨界破断曲線が得られた。すなわち Ac₁ 点以下の加熱温度においても pre-set 圧縮力が大であれば破断し、この圧縮力が大なる程破断温度は低下した。なおこの図の横軸温度は Fig. 3 に示されるようにあらかじめ pre-set 圧縮力なしの試験片で温度時間曲線を求め実際の試験の際はこの直線関係にある時間温度曲線から 1/10sec 単位のタイマーにて通電時間を制御し温度換算を行なったものである。

破断後の試験片の破断部近傍の組織、硬度を調査した結果、Ac₁ 点以下の加熱に相当する試験片でも破断したものはすべて再焼入組織であり実際には Ac₁ 点以上に加熱されていたこととなる。この原因としては pre-set 圧縮力の存在により変態の挙動が変化したかあるいは pre-set 圧縮力により高温での塑性圧縮変形量が大となつてこの変形熱により実際には換算温度よりも高温に加熱されたかのいずれかであろうと考えられる。前者については明らかでないが、後者については Fig. 3 に示すように pre-set 圧縮力の存在する場合、同一加熱時間でも約 150°C 程度の温度上昇が認められ、したがつてこの圧縮力の影響により実際には Ac₁ 点以上に加熱されたと見做すのが妥当であろう。しかし Fig. 3 において温度上昇曲線そのものが急勾配になつており高温での塑性圧縮変形熱のみによるとするには若干問題がある。

次に破断機構については、高温での塑性圧縮変形による冷却時の引張応力と焼割れの両者が考えられる。したがつて無拘束で Ac₁ 点以上の加熱冷却のみを行なったものと、拘束下で加熱冷却し冷却条件を空冷にしたものを比較した。その結果これら両条件の試験片はいずれも試験片中央部で再焼入されていたが破断は発生しなかつた。これより本実験の破断はたんなる焼割れあるいは収縮引張応力のみでは説明されず、変態応力と収縮応力の急速負荷の重畳作用によるものであろうと推察される。また、焼戻収縮による破断現象も考慮されるが本実験では試験機の剛性とも関連して高温焼戻し材での破断は認められなかつた。したがつて焼戻収縮量、拘束条件下での全収縮量および焼戻後の室温強度を各別に調査し破断の可能性について検討した。焼戻収縮は Fig. 4 に示すように 700°C まで直線的に増加し長時間焼戻しにおけるような焼戻しの第 3 段階としては明瞭に現われていない。しかし 700°C においては焼戻収縮量は 0.4

%でありこれを応力に換算すれば 100 kg/mm^2 以下である。この応力は 700°C に短時間焼戻した試験片の室温引張強度よりかなり低くしたがって焼戻収縮のみによつては破断しないであろうと考えられる。しかし拘束条件下での全収縮量(焼戻収縮+塑性圧縮)は $0.8\sim 1.0\%$ となり、この全収縮量による破断の可能性は考慮される。この点についてはさらに詳細な実験が必要である。なおここで最も重視すべきは、急速加熱では焼戻収縮量がかなり小さく、とくに $300\sim 400^\circ\text{C}$ では著しく小さな収縮量であつてこれによるクラック発生は考えにくいことであり、また高温焼戻しでは焼戻収縮はかなり大きくなるが全収縮量の中に包含され材質による焼戻収縮の大小はそのまま発生応力に影響せず、塑性圧縮量に影響するにすぎないことである。したがつてこの場合は、材質による破断特性は、高温での弾性強度の大小、短時間焼戻し後の室温強度に影響されるであろう。

5. 結 言

熱衝撃試験機により圧延用ロール材の表面被害の機構を解明し、次の結果を得た。

1) 破断は再焼入された場合に起こりやすい。この破断は変態応力と塑性圧縮による引張応力の急速負荷との重畳効果によつて発生する。

2) pre-set 圧縮力が大となる程見かけの破断温度は低温側に移行する。

3) 急速焼戻しでは、 700°C までほぼ直線的に焼戻収縮が進行し、この焼戻しのみによつては破断は発生しにくいようである。

文 献

- 1) 堀, 荒木田, 田部: 鉄と鋼, 51 (1965) 11, p. 200
- 2) G. F. MELLOY: Blast Furn. & Steel Plant, 52 (1964) 3, p. 250
- 3) L. P. TARASOV and C. O. LUNDBERG: Trans, Amer. Soc. Metals, 41 (1949), p.893

構造用高張力鋼のクリープ破断特性について*

八幡製鉄所, 技術研究所

高橋賢司・高島弘教・浦島親行

The Creep Rupture Properties of High Tensile Strength Structural Steels

Kenji TAKAHASHI, Hironori TAKASHIMA and Chikayuki URASHIMA

1. 緒 言

常温で使用されている構造用高張力鋼も, 原子力工業, 石油その他の化学工業の急速な発達にともない 400°C 程度までの高温圧力容器材としても使用されるようになり, 常温の機械的性質以外に高温強度に関する特性が重要視されるようになった。米国では高張力鋼を含む各種圧力容器鋼について高温強度が求められている¹⁾²⁾。

本報告は当社製非調質 50 kg/mm^2 級高張力鋼, 調質 60 kg/mm^2 級, 80 kg/mm^2 級高張力鋼の母材および 80 kg/mm^2 級高張力鋼溶接継手について, 高温引張り試験およびクリープ破断試験を大気中, $450\sim 650^\circ\text{C}$ の温度範囲で実施し, 破断試験片の組織観察を行ない, ASME の Boiler Construction Code にしたがつて設計許容応力を求めた。また設計にあつて, クリープおよびクリープ破断強度を採る必要のある温度範囲を明らかにした。

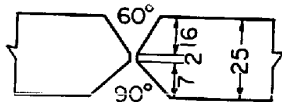
2. 供試材および実験方法

供試材は $20\sim 25 \text{ mm}$ 板厚の当社製品を用いた。化学成分および溶接条件を Table 1 に示す。WEL-TEN 80C は Ni を含有しない安価な高張力鋼である。溶接継手の試験片は溶接後 SR 処理をせずに板厚中心より採取し, 溶着金属, 熱影響部, 母材部が試験片平行部に十分入るようにした。クリープ試験片は, 母材, 溶接継手とも平行部径 $10 \text{ mm } \phi$, 平行部長さ 50 mm のカラー付で, クリープ破断試験はクリープ試験と同時にこなつ

Table 1. Chemical compositions and heat treatment of high tensile strength structural steels tested.

Steel	Chemical composition (%)									Heat treatment
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Others	
WEL-TEN 50	0.16	0.34	1.19	0.032	0.012	—	—	—	—	As rolled
WEL-TEN 60	0.14	0.50	1.25	0.017	0.008	—	—	—	V 0.05	Quenched and Tempered
WEL-TEN 80	0.14	0.26	0.83	0.012	0.008	1.06	0.61	0.45	V 0.05	Quenched and Tempered
*WEL-TEN 80C	0.15	0.26	0.87	0.014	0.006	—	1.09	0.50	Cu 0.31	Quenched and Tempered

* Welding condition of WEL-TEN 80C



- i) Edge preparation
- ii) Current : $170 \pm 10 \text{ Amp}$
- iii) Speed : $150 \pm 10 \text{ mm/min}$
- iv) Preheating : 150°C
- v) Voltage : 25volt

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 174 昭和42年5月15日受付