

抗の評価を行なった結果、浸漬法、電解法の両者を綜合した結果が得られ、ステンレス鋼の孔食抵抗の評価法としては最も適したものと考えられる。

文 献

- 1) 安達: 鉄と鋼, 50 (1964) 4, p. 565
- 2) E. POUILLARD et M. A. FINCKBOHNER: Memoires Sci. Rev. Met., LXI (1964), p. 67
- 3) Milan PRAZAK: Corrosion, 19 (1963) 3, p. 75
- 4) J.A. M. KOLOTYRKIN: Corrosion, 19 (1963) 8, p. 261

(158) 局部、急速加熱、冷却の際の残留応力について

(冷間圧延用作用ロールの研究—Ⅵ)

日本製鋼所

工博 下田 秀夫・○阪部喜代三

工博 荒木田 豊・松尾 治男

Residual Stresses in the Surface Zone of Partially Heated Cylindrical Specimens.

(Study on the working rolls of cold strip mills—Ⅵ)

Dr. Hideo SHIMODA, Kiyozo SAKABE,

Dr. Yutaka ARAKIDA and Haruo MATSUO.

1. 緒 言

研摩作業の不良によるロール表面亀裂の発生以外に冷間圧延の際、圧延条件の不良から中延び、縁波などが生ずるとともに、往々鋼板が切断し、高速回転の作用ロールに鋼板が巻きつく、いわゆる絞り込みと称される事故を発生することが少なくない。この絞り込みによつて、ロールに巻きついた鋼板とロール間に過大な圧下力が作用し、急激な温度上昇に伴い、はなはだしい場合にはロール表面に鋼板が溶着し、ロール表面の硬化層に亀裂あるいは剥げ割れなどを発生する。

このような絞り込み事故によるロール表面疵の発生現象について、最近 1, 2 の興味ある報告¹⁾²⁾も発表されているが、筆者らは炭素鋼製の小型模型を用い、高周波局部加熱によつて絞り込みの際の温度条件を再現し、残留応力の見地から表面疵の発生機構について検討を加えたので報告する。

2. 絞り込み疵の発生状況

4 段冷間圧延機における絞り込み事故による代表的な表面疵の状況を Photo. 1 に示した。圧延作業の際、絞り込み発生と同時に圧下を中止し、急速停止せしめられるが、高速回転の慣性により、停止までに数秒を要し、この間に発生する強圧下と圧下部の急激な温度上昇およびその後の熱伝導による急速な放熱作用によつて、ロール表面が局部的、衝撃的な加熱、冷却作用を受け、被害を生ずるものと判断される。Photo. 1 には、ロール表面に溶着した鋼板と、それに隣接して発生したロール硬化層の剥げ割れが認められるが、被害の度合は事故発生時の圧延状況によつていろいろ異なる。多くのロールについて発生せる被害の程度を分類するとおよそ次の 3 段階に分ちできる。

1. ロール表面硬化層における局部的な軟化部分の発生
2. ロール表面硬化層における局部的な微小亀裂群の発生
3. ロール表面硬化層の局部的なチル剥げの発生

絞り込みによる亀裂およびチル剥げ発生面層には再焼入硬化層が観察される場合も少なくなく、絞り込みの際のロール表面の温度は容易に変態点以上に達するものと判断される。またこのような絞り込みによる被害の発生状況は、焼入鋼の研摩の際の亀裂あるいは剥げ割れと同一機構による破壊現象³⁾⁴⁾と考えられ、ロール表面の急速加熱、冷却が破壊の主因をなすものと判断される。

3. 小型模型試片の調整および試験方法

実際のロールを使用して亀裂の発生を再現することは、経済性および危険性より困難であるのみならず、破壊の主因である亀裂発生部のロール表面の温度を定量化できないので 0.4% C 鋼の外径 100 mm, 長さ 400 mm の試片を用い、30 K C の高周波電流を熱源として、試片外周に偏心設置した内径 108 mm, 高さ 30 mm の誘導輪によつて急速加熱、冷却し、ロールの絞り込み部と類似の熱的条件を与えた。試片の加熱温度は、弾性領域の 400°C, 塑性領域の 600°C, 変態点以上の 800°C の 3 温度を選定したが、最高加熱温度は光温度計およびテンペルスティックによつた。したがって上記温度は正確なものではないが、各温度における試片については変動を生ぜざるよう入力、通電時間を一定に制御した。このような加熱、冷却による試片表面の軟化あるいは硬化層の深

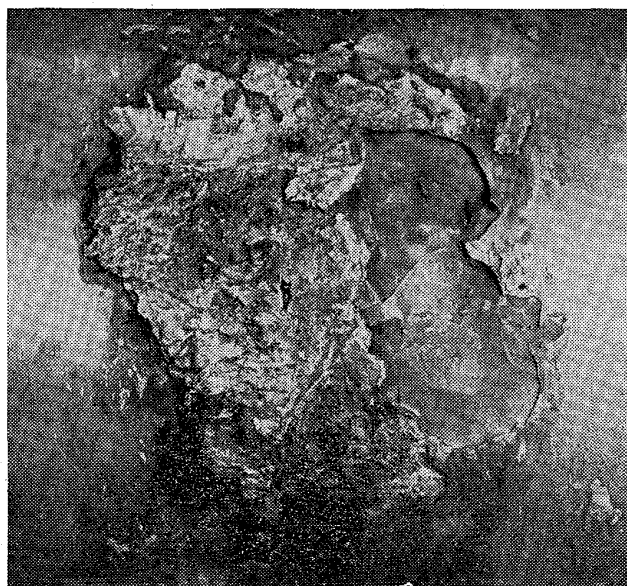


Photo. 1. Welds on the roll surface and cracks in the roll body.

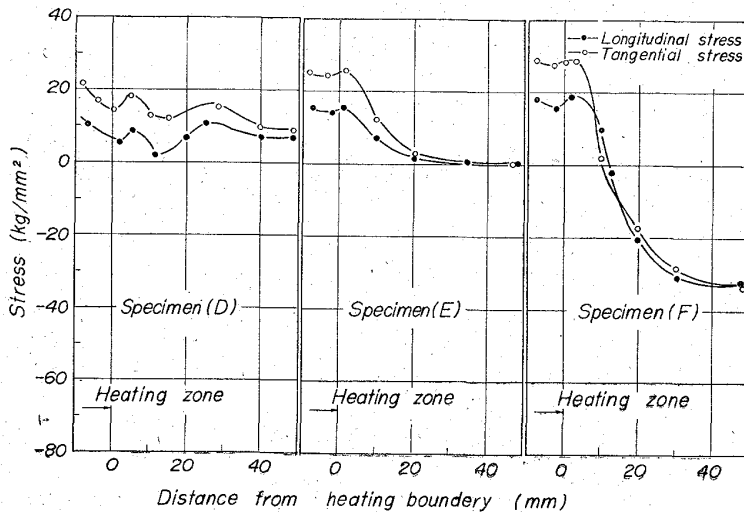
Table 1. Chemical composition of test specimens (%).

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
0.40	0.26	0.21	0.016	0.016	0.11	0.08	0.04

Table 2. Heat treatments of test specimens.

Specimen	Prior heat treatment			Residual stress in surface	Rost rapid heating (Partial induction heating)
	Quenching	Tempering	Temper stressing		
A*	850°C, WQ	650°C, FC	650°C, WQ	about 90 kg/mm ²	400°C × 2.0 sec
B	//	//	non	0	//
C	//	//	650°C, WQ	-100	//
D*	//	//	//	90	600°C × 3.0 sec
E	//	//	non	0	//
F	//	//	650°C, WQ	-100	//
G*	//	//	//	90	800°C × 8.0 sec
H	//	//	non	0	//
I	//	//	650°C, WQ	-100	//
J	//	non	non	-120	400°C × 2.0 sec
K	//	//	//	//	600°C × 3.0 sec
L	//	//	//	//	800°C × 8.0 sec

* Hollow cylinder with 40 φ mm bore.

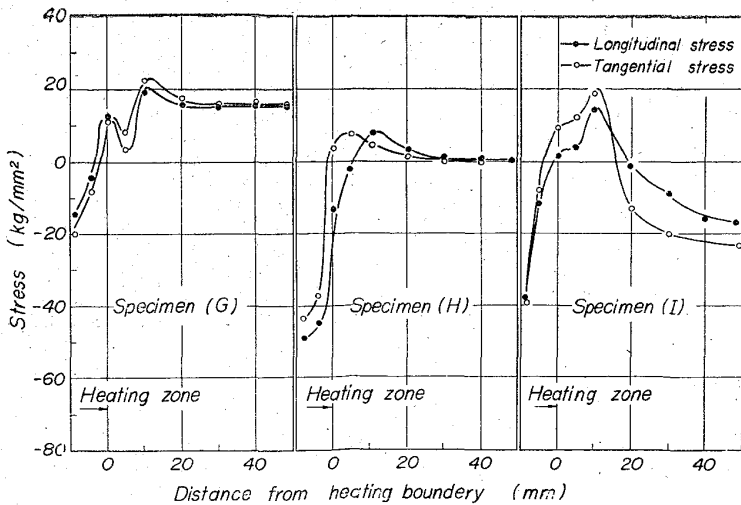


Specimen (D): Temper stressed with bore quenching from 650°C

(E): Tempered from 650°C

(F): Temper stressed with external quenching from 650°C

Fig. 1. Distributions of residual stresses in the surfaces heated rapidly up to 600°C and cooled specimens.



Specimen (G): Temper stressed with bore quenching from 650°C

(H): Tempered at 650°C

(I): Temper stressed with external quenching from 650°C

Fig. 2. Distributions of residual stresses in the surface heated rapidly up to 800°C and cooled specimens.

さはおよそ2mmで、硬度および組織の分布は、軟化あるいは硬化部分より断層的に素地のものに変化し、実際の絞り込み疵発生ロールのものと同条件を再現せしめ得た。

なお、実際の冷間圧延用作動ロールは表層にマルテンサイトを形成し、大きな圧縮残留応力を有するから、絞り込みの際の急速加熱、冷却による熱および変態応力の発生以外に、既存の残留応力あるいは組織の分解に伴う応力との重畳効果も考えられるため、850°Cより水焼入によつてロールと類似の条件を与えた試片のほか、850°Cより水焼入後、再度650°Cの焼戻温度より水焼入し、いわゆる temper stressing によつて試片表面に引張および圧縮応力を付与した試片を用い、これらの効果を確かめるように配慮した。使用せる試片の成分、製作条件は Table 1 および 2 に示したが、試片内部の残留応力の分布については前報²⁾を参照願いたい。

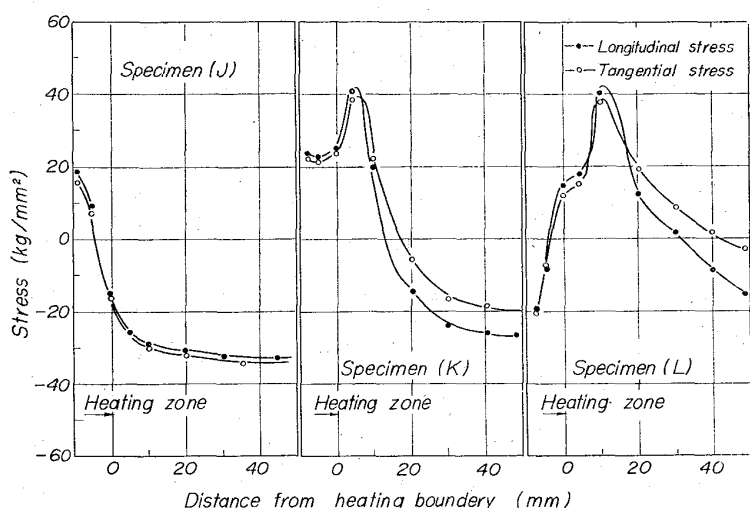
局部加熱、冷却部分の残留応力の測定は、試片表面を HNO₃ 溶液にて 10~20 μ 表層を除去した上、Seifert 製 Erescop によつたが、理学電機製平行ビーム型自記式 X 線応力測定装置をも併用した。

4. 局部的な急速加熱、冷却による残留応力

前述のように急速、局部加熱、冷却処理を施した試片表面の軸線上の残留応力分布を測定し、同時に既存の残留応力の開放、組織の分解との重畳作用などを検討した。

4.1 既存の残留応力との重畳

Temper stressing を与えた試片について弾性領域内の 400°C に加熱した結果は、加熱部分の既存残留応力が解放され、単純な応力の減少を示した。また、塑性領域の 600°C に加熱した場合は、加熱部分の既存残留応力の解放後、局部加熱、冷却の熱応力によつて、Fig. 1 のごとく新たな残留応力の発生を示し、加熱端より 30~40 mm の中間域を経てもとの残留応力の分布に復した。ここで留意すべきは、円柱材の熱応力による表面の残留応力は通常圧縮応力⁷⁾であるのに反して局部加熱部分には引張応力が発生していることである。



Specimen(J),(K),(L): heated up to 400°C,600°C and 800°C respectively.
Fig. 3. Distributions of residual stresses in the surface rapidly heated and cooled speimens.

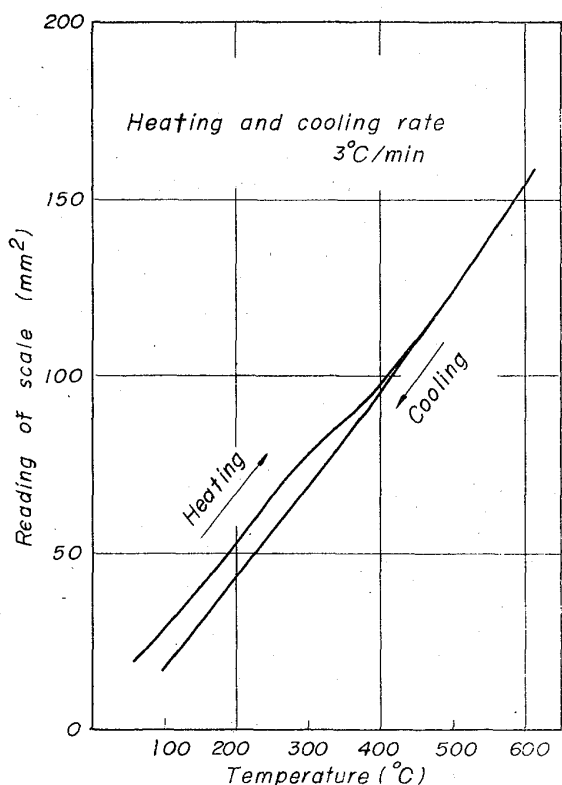


Fig. 4. Dilatometric volume change during tempering of the specimen obtained from hardend layer of the quenched 0.4% C steel.

この原因は、急速加熱のため加熱層が局部的である上に極端に薄く、冷却中の加熱層の内外の温度勾配が小さく、応力の反転がほとんど生じないためと考えられる。

変態点以上の 800°C に加熱した試片についても Fig. 2 のごとく既存の残留応力の影響はほとんど認められないが、この場合は加熱部分に圧縮応力、加熱端より約 10 mm 距つた部分に引張応力の最大点を形成した後、もとの残留応力の分布に復した円柱材の表層における変態応

力は一般に引張応力として現われるのに反して圧縮応力が発生した原因については 600°C 加熱の場合と同様の機構によるものと考える。

4.2 既存の残留応力と組織の分解による応力との重畳

850°C より水焼入、100°C 焼戻の試片について、400、600 および 800°C に急速加熱、冷却せるものの応力分布を Fig. 3 に示す。この試片は、実際のロールと同様に表層にマルテンサイト硬化層と圧縮残留応力を有するものであるが、400°C 加熱の場合、temper stressing の試片の場合と異なつて加熱部分に引張応力の発生を見た。また、600、800°C 加熱の場合、temper stressing の試片と比較して残留応力の基本的形態は類似しているが、加熱端より 5~10 mm 距つた部分の引張応力の最大点の応力が著しく大きく現われた。temper stressing を行なつた試片についての試験結果は、あらかじめ存在していた残留応力はほとんど作用しないことを示しているから、この大きな引張応力の原因は、マルテンサイト組織の分解によるものと思われる。したがつて局部加熱前の試片表層部および中心部より採取した試料について本多一佐藤式膨脹試験機を用い、熱膨張を測定した結果、表層部の試料は 280~410°C 間でマルテンサイトの分解、炭化物の凝集による非可逆的な大きな収縮を示した。これより、400°C 加熱による表層の引張応力の発生は、表層の組織変化によること、さらに、600、800°C の加熱によつて加熱端より若干距つた部分に大きな引張応力が発生したのは、加熱部分では組織変化によつて発生した引張応力は高温の塑性域であるため、直ちに降伏し、緩和せしめられるのに反して、加熱端より若干距つた弾性域内の高温部では、組織変化による収縮の引張応力が、そのまま作用したために生じたものと判断して差し支えないであろう。

4. 考察および結論

冷間圧延用作動ロールの絞り込み疵の発生機構を検討するため炭素鋼材の模型を用い、高周波局部加熱によつて絞り込みの際の熱的条件を再現し、各種の急速加熱、冷却条件の際の加熱部の組織、硬度、残留応力の分布について観察した結果、加熱条件、すなわち絞り込みの際のロール表面の温度上昇の程度によつて、ロール表面層が焼戻軟化および再焼入硬化が生じ、ロール表面あるいは表面層直下に引張応力が発生することを明らかにした。この引張応力は、絞り込みによつて被害を受ける以前にロールに存在する残留応力の影響を受けることなく、単純に、急速加熱、冷却による熱および変態応力と加熱によるマルテンサイトの分解収縮による応力の相乗効果によるものであることを明らかにした。

本実験の X 線による応力測定は、酸腐食を施した面について実施しているため、実在応力より若干低目を示しているものと考えられるが、最大引張応力の存在個所より亀裂あるいは剥げ割れが発生するものとするならば、実際のロールの絞り込み、あるいは研磨の際、ロール表面層直下より生ずるような剥げ割れの破壊現象についても理解することができよう。

文 献

- 1) 渡辺, 柴崎, 熊田: 日本製鋼技報, (1962) 9, p. 965
- 2) 堀, 荒木田, 田部: 鉄と鋼, 51 (1965) 11, p. 2004
- 3) 門間: Sciens Reports of the Tohoku Imperial University, Series 1, 28 (1939) 1, 128
門間: 日本金属学会誌, 4 (1940) 6, p. 315
- 4) L. P. TARASOV: Trans. Amer. Soc. Metals, 36 (1946), p. 389; 41 (1949), p. 895
- 5) L. V. COLOWELL et al.: Trans. Amer. Soc. Mech. Eng., 80 (1958), p. 1955
- 6) 下田, 阪部, 松尾: 鉄と鋼, 51 (1965) 11, P. 2001
- 7) H. BUHLER et al.: Arch. Eisenhüttenw., 6(1933), P. 283; 7 (1934), p. 359

(159) 3Cr-1.5Mo, 3Cr-1.5Mo-0.3V, 8Cr-1Mo-1.5V 鋼の焼戻挙動について
(熱間工具鋼に関する研究—VIII)

日本特殊鋼

西村 富隆・○新山 善之

On the Tempering Behavior of 3Cr-1.5Mo, 3Cr-1.5Mo-0.3V and 8Cr-1Mo-1.5V Steels.

(Study on hot-working tool steel—VIII)

Tomitaka NISHIMURA and Yoshiyuki SHINYAMA.

1. 緒 言

鋼や合金などを焼戻時効した場合に生ずるいろいろな現象は、その温度と時間によつて支配されることは周知のことである。実用の熱間工具鋼は、高温において連続的あるいは間歇的に長時間使用されているうちには、一種の焼戻時効を受けて種々の性質が変化する。したがつて、熱間用の鋼に対しては焼戻時効の影響を十分に把握することが重要と考えられる。このようなわけで、われわれは数多くの熱間工具鋼の焼戻時効現象について研究したが、これらの結果についてはすでに数回にわたり報告したり⁶⁾。今回は 3Cr 系と 8Cr 系の 3 鋼種をいままでと同様に焼戻時効した場合に、硬度、衝撃値、炭化物反応がどのように変化するかを調べ、そして 3 供試鋼の

焼戻時効現象について検討した結果を報告する。

2. 試料および実験方法

供試材としては、35 kVA 高周波誘導炉にて溶製した 8 kg 鋼塊を 14 mm φ と 14 mm φ に鍛伸してから焼鈍したものを使用した。これら試料の化学成分を Table 1 に示す。

切削加工試料はすべて 1200°C に 1hr 保持して炭化物を基地中に完全に溶かしこんでから油冷し、ただちに -73°C × 3hr の深冷処理をほどこした後焼戻時効を行なつた。その他の実験方法もすべて前報までの場合とまったく同様である。

3. 実験結果

3.1 硬度および衝撃値

3Cr-1.5Mo-0.3V 型の SV8 (焼入硬度 $H_{RC} 63^{\circ}0$) を 400~700°C の各温度で 1000hr までの焼戻時効を行なつた場合には、Fig. 1 のような硬度と時間の関係が得られる。400°C においては硬度は時間とともに漸増している。ところが 450°C になると、100hr 付近までは硬化が進行するが、それ以後は軟化する。500°C ではこの極大はさらに短時間側の 10hr 付近に移動し、550°C では 0.35hr 以前の時間で生ずるようになる。このように硬度極大が生ずる

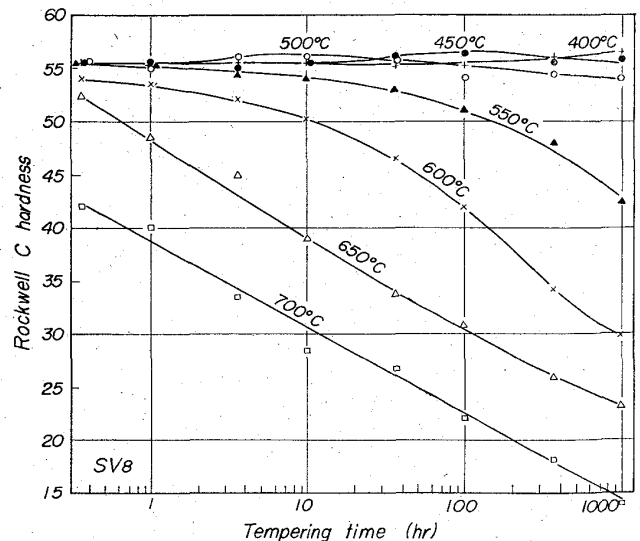


Fig. 1. Isothermal tempering hardness curves for SV8 steel.

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

Designation	Type	Specimen No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
S7	3Cr-1.5Mo	1	0.47	0.33	0.66	0.007	0.015	3.03	1.42	—
		2	0.47	0.33	0.70	0.006	0.017	3.05	1.41	—
SV8	3Cr-1.5Mo-0.3V	1	0.48	0.32	0.80	0.007	0.015	3.18	1.42	0.31
		2	0.47	0.34	0.83	0.007	0.018	3.23	1.42	0.33
SV10	8Cr-1Mo-1.5V	1	0.47	1.00	0.37	0.008	0.016	7.96	1.21	1.42
		2	0.47	1.03	0.34	0.010	0.019	7.91	1.27	1.40

Specimen 1 was used for hardness, impact, extraction replica tests, and 2 for electrolytic extraction.