

技 術 報 告

鍛造白鑄鉄ロールの材質特性と寿命*

佐藤 祐一郎**・小平 博***

On the Application Results and the Properties of Forged White Cast Iron Roll

Yuichiro SATO and Hiroshi KOHIRA

Synopsis:

A great progress has recently been made in Japanese steel rolling equipments with the increase of production capacity and the improvement in the quality of products. And there are requirements for better roll materials. The forged iron roll whose trade name is N-T roll is the one having an entirely new material property, manufactured by carrying out a special hot forging on white cast iron body which has a composition range of high purity hypoeutectic pig iron. This report describes the characteristic properties of this roll, focusing upon the results of hot rolling of various steels by this roll.

The following characteristics of the roll were confirmed by the rolling application.

- (1) Rolling tonnage per dressing is remarkably increased.
- (2) The cycle of roll exchange for dressing is made unexpectedly longer and it contributed greatly to the increase of productivity.
- (3) Rolling cost is decreased.
- (4) Accuracy of dimension of rolled products is increased.
- (5) Surface of the rolled products becomes more beautiful.

(Received Aug. 25, 1970)

1. 緒 言

白鑄鉄に熱間加工を加えると鑄造時の白鉄組織は機械的に完全に破壊され、共晶セメントタイトが基地中に分散して白鉄組織とは異なつた特殊な鑄鉄組織（著者は変形レデブライト組織・Deformed ledeburite structure と呼んでいる）となる。このような組織をもつ鉄合金で作られた圧延用ロールが一般に NT ロールと呼称されて、ここ数年間に各種の熱間圧延用ロールとして使用されるようになった。

近年わが国における圧延業界の長足な発展にともない圧延用ロールはその性能、品質の面においても破格の高級化が要求されている。か酷な圧延条件に耐える性能のすぐれた新材質の圧延用ロールの開発は今後の重要な課題である。

本報は鍛造白鑄鉄ロールの材質特性を明らかにするとともにその使用結果について調査したので報告する。

2. 鍛造白鑄鉄ロールの製造法

2.1 白鑄鉄の熱間加工性

鑄鉄が鋼にくらべて塑性変形の困難なことは従来より衆知のことである。しかし今日一般の実用鑄鉄は熱間圧延、熱間プレス、組みあわせ圧延などによって塑性加工の可能なことが現象的には知られており¹⁾、白鑄鉄の熱間加工に関する研究もみられる^{2)~12)}。

図 1⁸⁾ は 1% Cr 白鑄鉄および合金工具鋼の高温における変形能を示したものである。高温変形能は平行部の寸法が 10 mm φ × 60 mm l の試験片を 950~1200°C の温度範囲で回転速度 50 rpm、変形速度 0.436 sec⁻¹ でねじり、破断するまでのねじり回数であらわしたものである。1.7% C 以上の亜晶鉄の組成範囲に属する 1% Cr 白鑄鉄の高温変形能は Fig. 1 のように、いずれも 1050°C 付近で最も大きくなる。また 2.3~3.0% C の 1%

* 昭和45年8月25日受付

** 大平洋金属(株) *** 新日本製鉄(株)

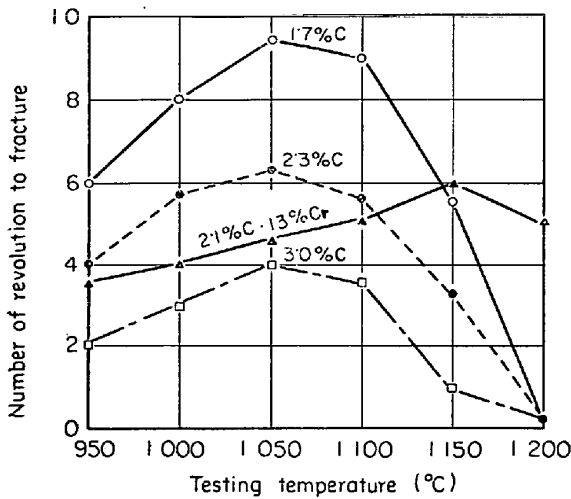


Fig. 1. Influence of temperature on hot workability of 1% Cr white cast iron and alloy tool steel.

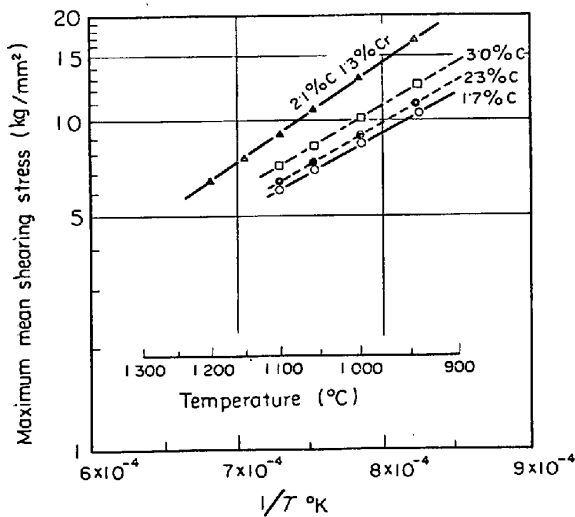


Fig. 2. Influence of temperature on hot deformation resistance of 1% Cr white cast iron and alloy tool steel.

Cr 白鑄鉄は 2.1% C · 1.3% Cr の合金工具鋼 (JIS, SKD 1) の高温変形能とほぼ等しい。Fig. 2²⁾ は 1% Cr 白鑄鉄および合金工具鋼の高温における変形抵抗を示したものである。変形抵抗は最大平均剪断応力によって表示した。ここに最大平均剪断応力はねじり試験中にえられた最大トルクが試験片の平行部の全断面にわたって一定の剪断応力によって生ずると仮定しあらわしたもので、最大トルクと最大平均剪断応力との間にはつぎのような関係がある。

$$T = \int_0^R \tau_{mr} \cdot 2\pi r \cdot r dr = 2/3 \pi \bar{\tau} R_M^3$$

$$\bar{\tau}_M = 3 \cdot 82T$$

ただし、 $\bar{\tau}_M$: 最大平均剪断応力 kg/mm^2

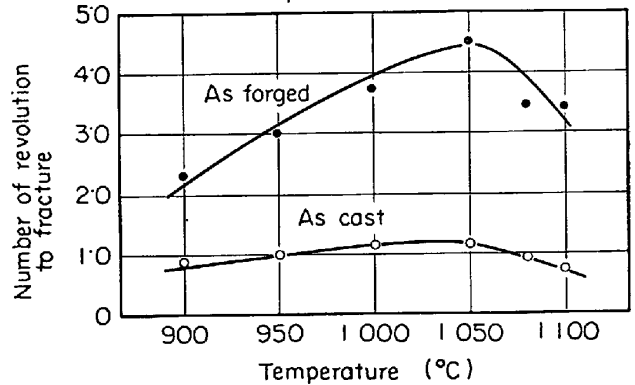
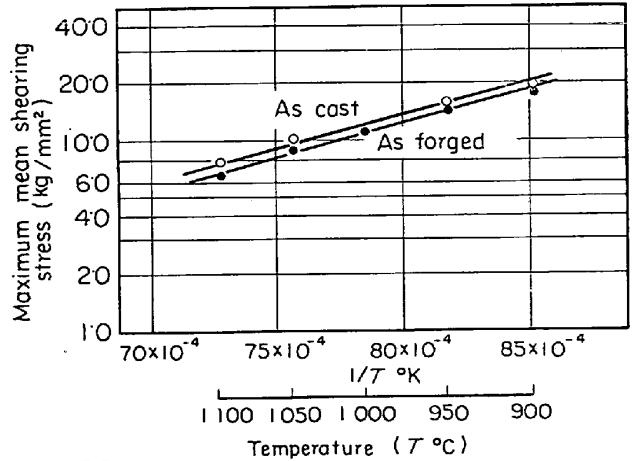


Fig. 3. Influence of temperature on hot workability and hot deformation resistance of 3% C, 1.5% Cr white cast iron as cast and as forged.

T : 最大トルク kg/m

R : 試験片平行部の半径 mm

r : 試験片平行部断面内の任意の半径

また最大平均剪断応力 $\bar{\tau}_M$ と試験温度 T_K (絶対温度) との間には次のような関係が成立する。

$$\bar{\tau}_M = K \cdot e^{A/T_K}$$

$$\ln \bar{\tau}_M = A/T_K + C$$

ただし、 K, A および C : 常数

$$C = \log K \times 2.303$$

Fig. 2 に示すようにねじり温度 1050°C における 1% Cr 白鑄鉄の変形抵抗は、1150°C における 2.1% C · 1.3% Cr の合金工具鋼とほぼ等しいことがわかる。

白鑄鉄の熱間加工性は一般にその顕微鏡組織、化学成分、加工温度、変形速度などによって著しく変化するのである。Fig. 3¹⁾ は 3.0% C · 1.5% Cr 白鑄鉄の鑄造後および鍛造後 (鍛錬成形比 4 S) の破断ねじり回数、最大平均剪断応力とねじり温度との関係を示したものである。高温変形能は化学成分が同じでも鑄造材に比較して鍛造材のほうが 2~4 倍すぐれており、組織の変化が高温変形能に著しい影響を及ぼすことを示している。

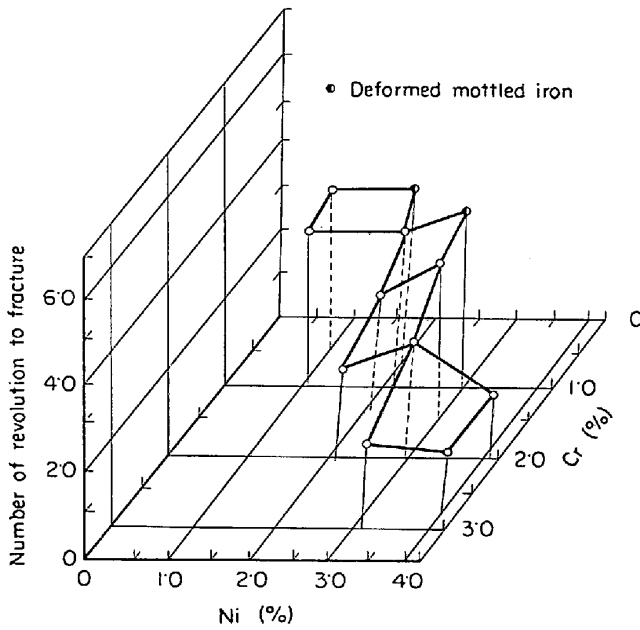


Fig. 4. Effect of Ni, Cr content on hot workability of 2.5% C white cast iron (1100°C).

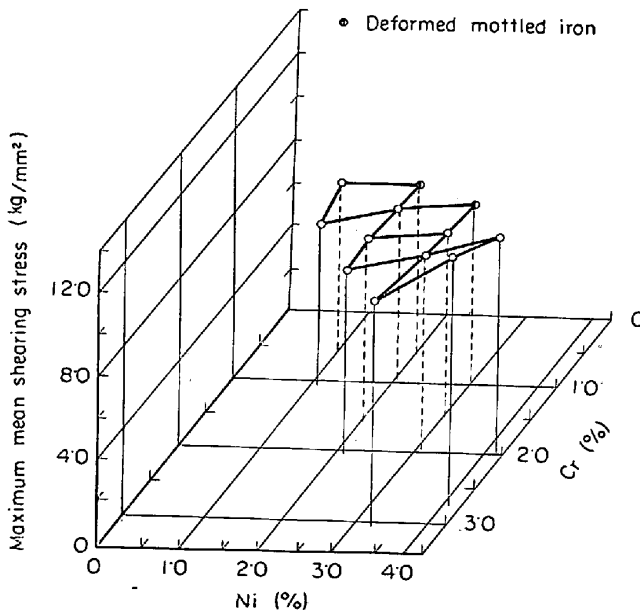


Fig. 5. Effect of Ni, Cr content on hot workability of 2.5% C white cast iron (1100°C)

Fig. 4¹³⁾ および Fig. 5¹³⁾ は 2.5% C 白鑄鉄の 1100°C における破断ねじり回数, 最大平均剪断力と Ni および Cr 含有量との関係を示したものである。熱間加工

性に及ぼす合金元素とくに Cr 含有量の影響は著しい。

白鑄鉄が組織中にかたい共晶セメントを多量に含有しているにもかかわらず, 熱間塑性変形が可能なことについては白鑄鉄中に存在する共晶炭化物の変形機構の究明¹⁴⁾が進むにつれて明確になるものと考えられる。

2.2 鍛造白鑄鉄ロールの製造法

従来鑄鉄系のロールは鑄造状態では材質的に脆弱なので, 圧延用ロールとして必要な強靱性をもたせるための熱処理が施行されている。しかしこのような操作だけでは脆弱な鑄鉄系ロールの材質特性を鋼のような靱性のある材質に変えることはむずかしい。

鍛造白鑄鉄ロールは白鑄鉄素材を熱間鍛造して鑄造組織を機械的に破壊したのち, 一般の鋼系ロールのような各種の熱処理を施行するという, これまでの鑄鉄系ロールの製造法とはまったく異なつた製造方法が採用されている¹⁵⁾。すなわち鍛造白鑄鉄ロールは Mn, Cr, Mo, V, W などの炭化物を形成しやすい合金元素および Si, Ni, Co など基地を補強する合金元素を可及的少量含有する高純度の垂共晶鉄の成分範囲にある鑄鉄組成物を単純な形状の白鑄鉄鑄造物体に鑄造し, 約 1050°C に加熱したのち熱間加工によって塑性変形 (鍛錬成形比 1.5~5.0 S) させてロール形状の鑄鉄成形物とし, 焼入れ, 焼ならし, 焼もどしなどの熱処理を施して製造される。

Table 1 は鍛造白鑄鉄ロールの化学成分と硬度を示す。NT-A 規格の鍛造白鑄鉄ロールは微細パーライト基地中に存在する共晶セメント, 初析セメントなどセメントの面積占有率が 40% 以下であり, NT-H 規格のものは 40% 以上をしめている。

3. 鍛造白鑄鉄ロールの材質特性

3.1 顕微鏡組織

鍛造白鑄鉄の顕微鏡組織は鑄造素材の化学成分によって著しく変化するが組織上から分類すれば¹⁰⁾つぎの 3 種類にわかれる。

- (1) 変形レデブライト組織 (Deformed ledeburite structure)
- (2) 変形モットル組織 (Deformed mottled structure)
- (3) 変形グラファイト組織 (Deformed graphite structure)

Table 1. Chemical composition and Shore hardness of forged cast iron roll.

Grade	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Ni	Co	Shore hardness
NT-A	1.7~2.4	<2.5	<1.0	<2.0	<2.0	<1.0	<1.0	<5.0	<5.0	35~65°
NT-H	2.4~3.4									45~75°

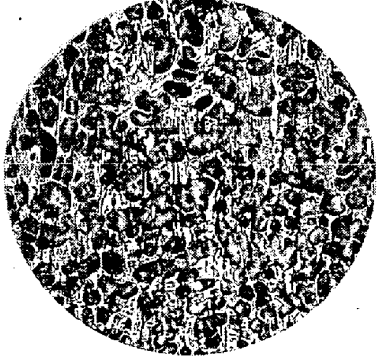
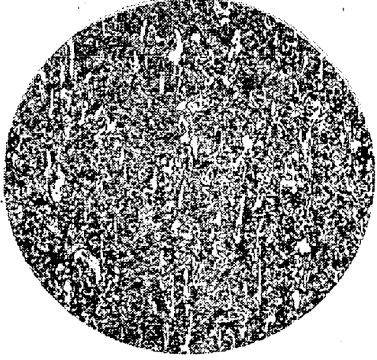
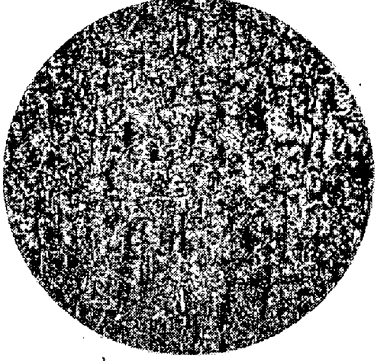

Structure	Tempered after forging			
	Microstructure tempered after casting	Deformed ledeburite structure	Deformed mottled structure	Deformed graphite structure
White cast iron structure				
Longitudinal				
Transverse				
Chemical composition	3% C · 1.5% Cr	3% C · 1.5% Cr	3% C · 0.5% Cr	3% C · 0.02% Cr
Magnification	x 50	x 50	x 50	x 50

Photo. 1. Structures tempered after casting and forging of 3% C white cast iron.

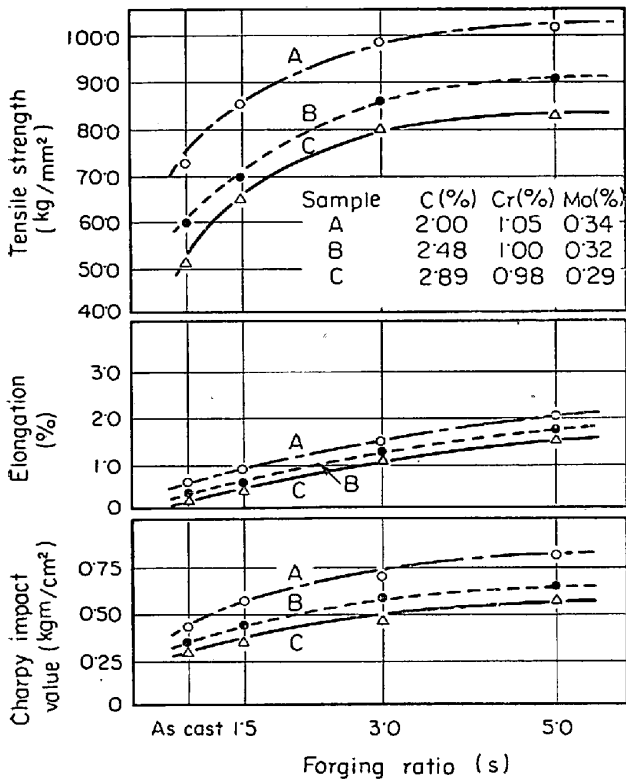


Fig. 6. Influence of forging ratio on mechanical properties of forged white cast iron (longitudinal).

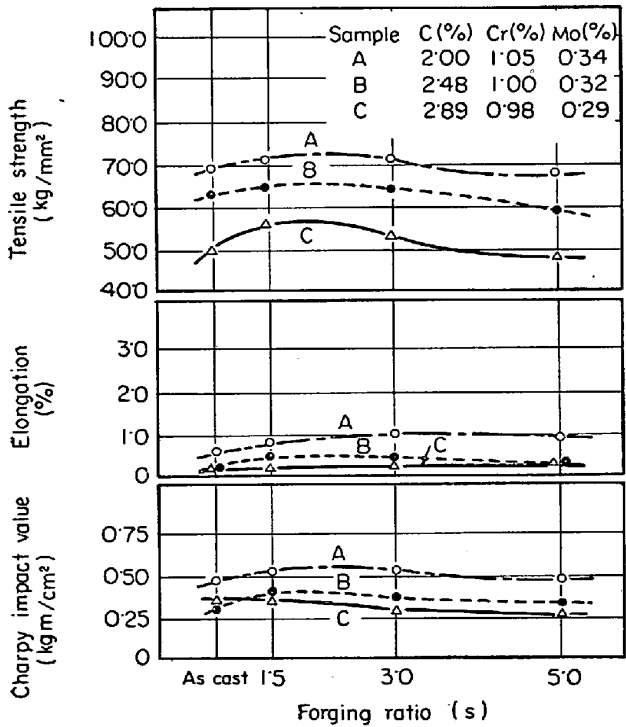


Fig. 7. Influence of forging ratio on mechanical properties of forged white cast iron (transverse).

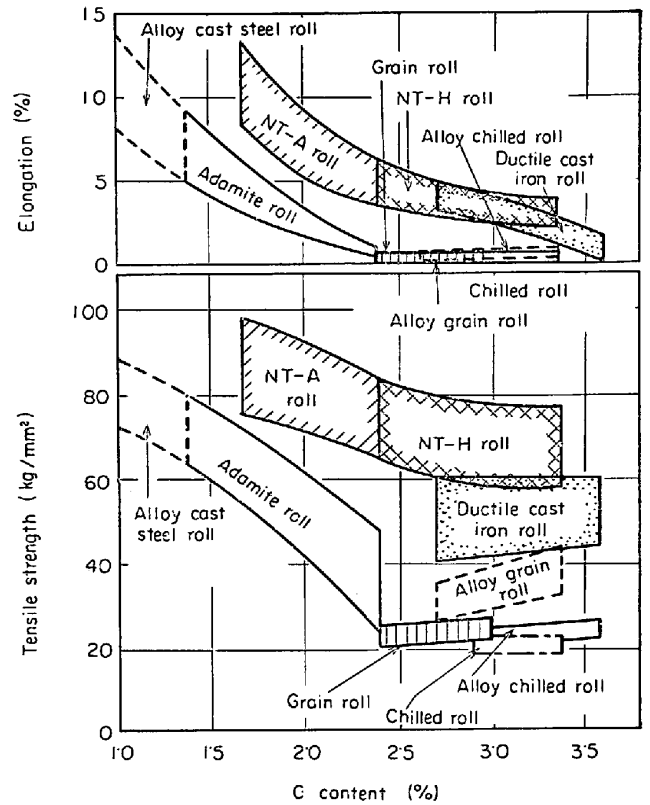


Fig. 8. Relation between carbon content and mechanical properties of forged white cast iron roll and other rolls.

structure)

Photo. 1 は 3% C 白鑄鉄の鑄造後および鍛造後の焼なまし組織を示す。鍛造白鑄鉄ロールの顕微鏡組織は Photo. 1 の変形レデブライト組織が標準組織になっている。すなわち鑄造後の白銑組織にみられるような網目状に析出したセメント組織はみられず、セメントが微細に破壊されて基地中に分散した鍛造白鑄鉄特有の変形レデブライト組織を呈し、一種の金属系複合材料的組織とみることもできる。また鍛造鑄鉄ロールの基地の組織は鍛造後の熱処理の差異によって微細パーライト、ベーナイト、マルテンサイトとなり、さらに少量の超微粒黒鉛が析出する。

3.2 機械的性質

鍛造白鑄鉄ロールは微細パーライト基地中に破壊された硬くて脆い共晶セメントが鍛錬方向に繊維状に分散析出したあたかも複合材料的組織をもつロールであるから、機械的諸性質もこのような特殊な組織をもつことによって特徴づけられている。図6および図7に鍛造白鑄鉄の機械的性質に及ぼす鍛錬成形比を示す。試料は塩基性電気炉で溶製した 2 t 白鑄鉄塊を 1050°C に加熱し鍛錬したのち 30 mm φ 試験片を採取した。各試料とも

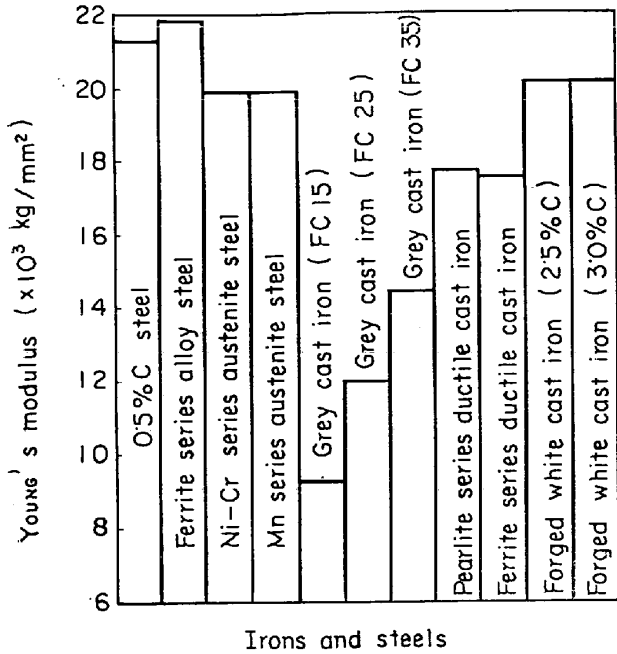


Fig. 9. YOUNG'S modulus of forged white cast iron and various iron and steels.

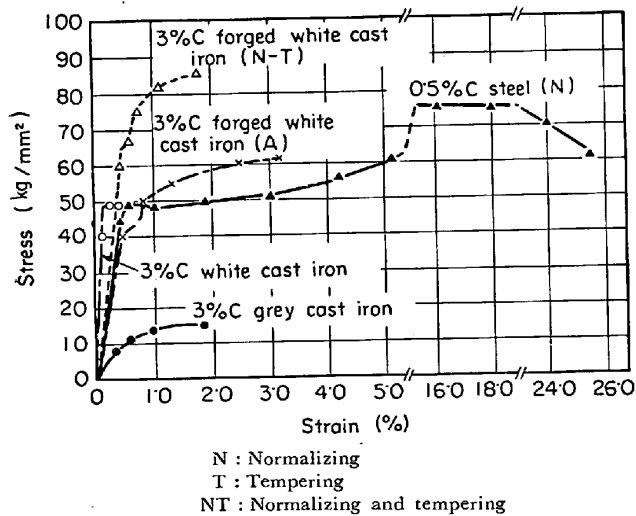


Fig. 10. Stress-strain diagrams of forged white cast iron and various iron and steels.

900°C × 1 hr 空冷, 570°C × 2 hr 空冷の焼ならし, 焼もどしをほどこしたものである。横方向にくらべて軸方向の鍛錬効果が特に著しいことがわかる。

図8は鍛造白鑄鉄ロールの軸端部より採取した鍛錬方向の試料と一般の各種ロールの機械的性質を比較したものである。図に示すように鍛造白鑄鉄ロールは炭素含有量が同じでも,ほかの鑄鉄系ロールと比較して引張強さ,伸びともに著しくすぐれており,むしろ鋼系ロールに匹敵する強靱性を有する。図9は各種鉄鋼材料と鍛造白鑄鉄ロール材の弾性係数を比較したものである。鍛造白鑄

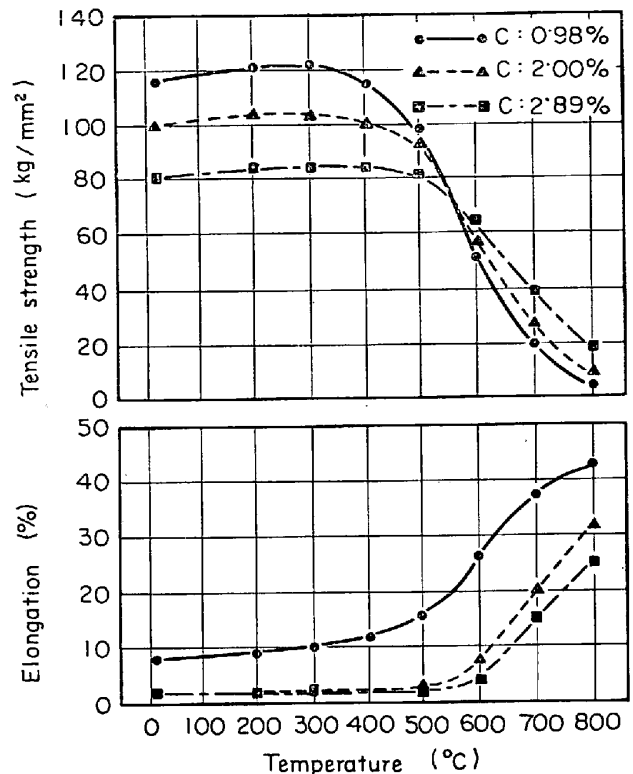


Fig. 11. Influence of temperature on tensile strength and elongation of forged white cast iron and Cr-Mo alloy steel.

鉄ロール材の弾性係数はねずみ鑄鉄および球状黒鉛鑄鉄など鑄鉄系材料と比較すると著しく大きく鋼にほぼ等しい値を示す。図10¹⁶⁾は鍛造白鑄鉄ロール材と一般の鉄鋼材料との応力歪特性を比較したものである。鍛造白鑄鉄ロール材は弾性変形域と塑性変形域の2つに明らかに区分され,降伏点も鋼と同様に明りに認められる。白鑄鉄が弾性変形限界で切断して塑性変形をせず,ねずみ鑄鉄は1つの連続曲線状を呈して変形領域の区分が明確にあらわれないのと比較して,鍛造白鑄鉄ロール材の応力歪特性は鋼に類似している点は興味深い。また鍛造白鑄鉄ロール材の降伏点が引張強さの約80%と高いのは一般の鋼材にみられない特性である。図11¹⁷⁾は鍛造白鑄鉄ロール材とCr-Mo鋼材の高温強度を比較したものである。鍛造白鑄鉄ロール材の高温引張強さは300~400°Cの温度範囲で最高値を示し,約550°C以上の高温域では1.0% C · 1.0% Cr · 0.3% Mo鋼よりすぐれた値を示す。鍛造白鑄鉄ロール材の高温強度が鋼系のロール材と比較してすぐれているのは,高温で熱的安定度の高い微粒状の多量の炭化物が繊維状に分散析出することによる複合強化作用によるものと考えられる。

3.3 熱処理性

鍛造白鑄鉄ロールは白鑄鉄を鍛錬成形したのち熱処理

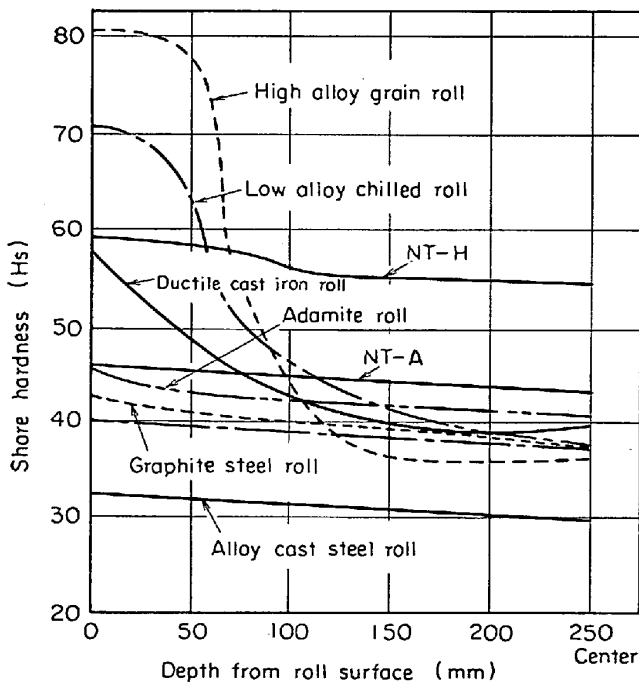


Fig. 12. Hardness distribution curve of various rolls.

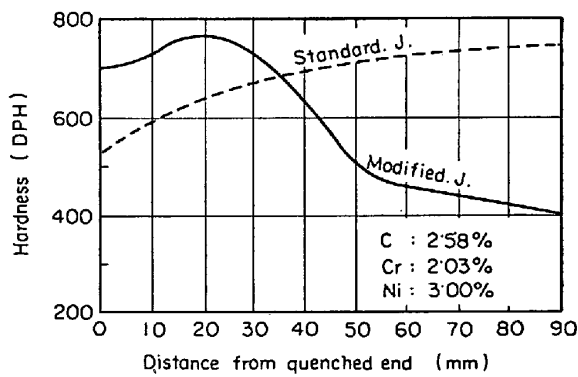


Fig. 13. Standard and modified Jominy curves of 2.6%C-2%Cr forged white cast iron.

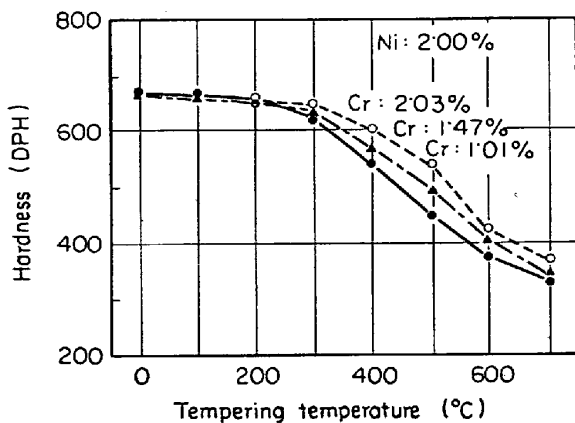
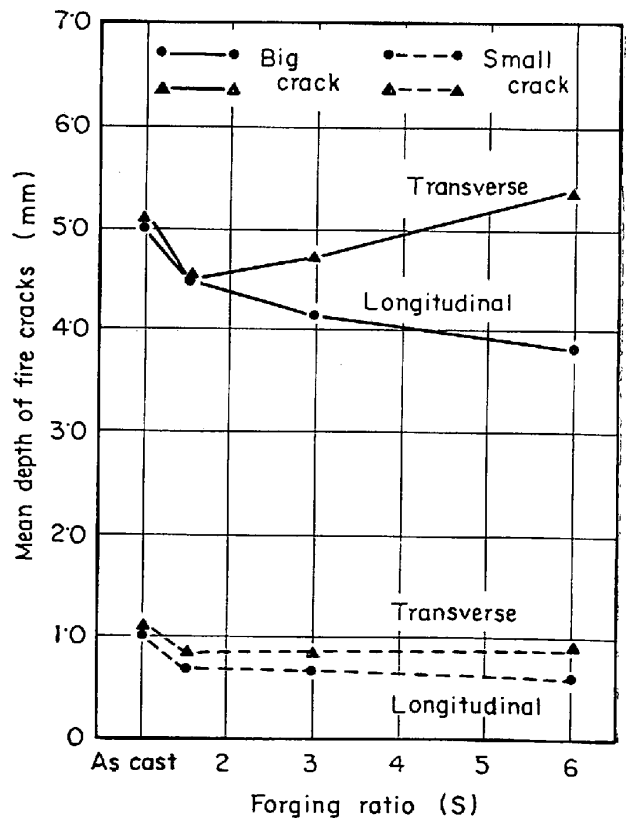


Fig. 14. Influence of Cr content on hardness of 2.5%C-2.0%Ni forged white cast iron as a function of tempering temperature.

を施して使用されるが、ロール胴部の断面硬度は表層部より内部に移行するにしたがってしだいに低下する。

図 12 は鍛造白鑄鉄ロールと各種ロールの断面硬度分布を比較したものである。鍛造白鑄鉄ロールは鑄鉄系ロールと異なり表鍛部と中心部の硬度差が小さい。図 13¹⁸⁾に鍛造白鑄鉄ロール材の標準およびモデファイド・ジョミニー特性を示す。鍛造白鑄鉄ロール材はすぐれた焼入性を有し、図に示す標準ジョミニー試験では空冷端においても硬度の低下はみられず、焼入性の評価は不可能である。モデファイト・ジョミニー試験に関しては従来より数多くの発表があり^{19)~22)}、いずれも JIS に規定されているような標準ジョミニー試験における空冷端の冷却速度を遅らせるものである。図に示すモデファイド・ジョミニー特性の冷却条件は 800~500°C の温度範囲で 0.046°C/sec であり胴径 500 mmφ のロールの焼ならし熱処理におけるロール胴部表層部の冷却速度に相当させたものである。鍛造白鑄鉄ロール材の焼入性は Ni および Cr の複合添加によって著しく改善され、とくに Cr は鍛造白鑄鉄ロール材の焼もどし軟化抵抗に顕著な影響を及ぼすものである²³⁾²⁴⁾。図 14²⁴⁾に 2.5%C-2.0



Temperature range of heat check : 600-450°C
Number of heat check : 1000

Fig. 15. Effect of forging ratio on the growth of thermal fire crackings of 3%C-1%Cr-0.3%Mo forged white cast iron.

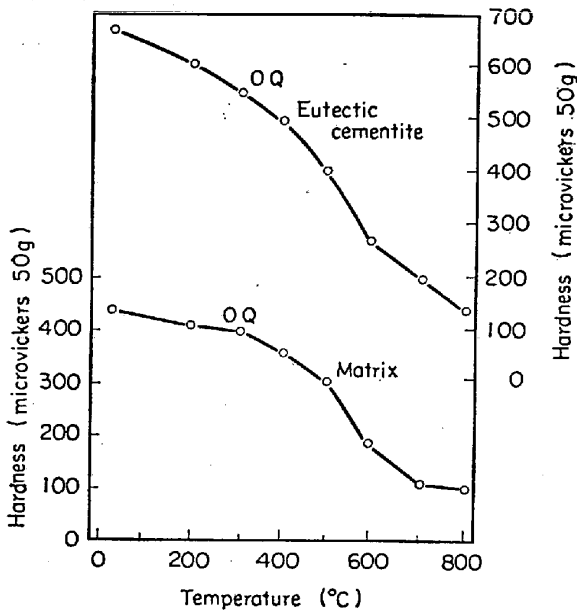


Fig. 16. Influence of temperature on microvickers hardness of 3% C · % Cr · 0.3% Mo forged white cast iron.

% Ni 鍛造白鑄鉄ロール材の焼もどし硬度に及ぼす Cr 含有量の影響を示す。

鍛造白鑄鉄ロール材が焼入性にすぐれ焼もどし軟化抵抗の大きいことは、熱間で使用される圧延用ロールとして一般の鋼系ロールにみられないすぐれた性能である。

3.4 耐熱き裂性

熱間圧延用ロールの表面は圧延材による加熱と冷却水による冷却が急激に繰り返され、熱応力による一種の疲労破壊によって微細なき裂が発生する。基地中に炭化物が存在するところの炭化物がき裂の起点となつてその生長を促進する²⁵⁾こともあるが、基地中の炭化物の存在形態によつて熱き裂の発生は著しく変化する。

ロールの表面に発生するき裂にはき裂の幅および深さが太くて大きいものと、細かくて小さなものの2種類があり大クラックは熱サイクルの初期にすでに発生するものである²⁶⁾。図 15²⁶⁾は 3.0% C · 1.0% Cr · 0.3% Mo 白鑄鉄の熱き裂の発生に及ぼす鍛錬成形比の影響を示したものである。大クラックの平均深さは鍛錬成形比が大きくなるほど鍛錬方向では浅くなるが、横方向では鍛錬成形比が6 Sをこえると逆に鍛造していない白鑄鉄よりもき裂の発生が大きくなるのがわかる。このような方向性は鍛錬が進むにしたがつておこる炭化物の繊維強化機構に関係するものと考えられる。

熱き裂の発生を抑制するには材料の諸特性とくに高温における引張強さ、降伏点、伸びなどの機械的性質のすぐれている材料が望ましい²⁷⁾といわれており、鍛造白鑄

鉄ロールの耐熱き裂性はこの面においてもすぐれた性能を有することが認められる。

3.5 耐摩耗性

熱間圧延用ロールは硬度の高いロールが必ずしも耐摩耗性が大きいとは限らない。たとえば鋼系のロールは焼入れ、焼もどしなどの熱処理によつていくら硬度を高くしても圧延時の繰り返しの加熱、冷却による熱変化にたいして組織の安定性が小さいためそれほど効果がない。したがつてすぐれた耐摩耗性をうるためには熱的安定度の高い炭化物が析出して、しかも高温強度の大きい材質が望ましいとされている。

図 16²⁸⁾は 3.0% C · 1.0% Cr · 0.3% Mo 鍛造白鑄鉄ロール材の高温微小硬度測定結果を示す。すなわち鍛造白鑄鉄ロール材の焼入試料を日本光学製高温微小硬度計を用いて共晶炭化物および基地の硬度を測定した結果、A₁点近くでは著しく硬度が低下することが認められた。熱間圧延用ロールの胴部表層部は圧延中に被圧延材からの熱影響によつて温度が上昇する。冷却水による冷却条件が悪い場合にはロール表層部の温度は A₁点近くまで上昇することがあるので、鍛造白鑄鉄ロールの実際使用面においてすぐれた摩耗性をもたせるためには、十分な水冷が必要である。

従来耐摩耗性と強靱性の間にはそれぞれ相反する面があり、同時にこれを満足させることはむずかしいといわれてきた。鍛造白鑄鉄ロールは高硬度の変形共晶セメントタイトが繊維状に分散析出した複合強化組織を呈するので、耐摩耗性と強靱性を同時に兼ね備えた特性をもつロール材である²⁹⁾。

4. 鍛造白鑄鉄ロールの寿命

4.1 分塊用ロール

分塊用ロールは一般にかなり高い圧延荷重が作用するので、従来鑄鋼系ロールが使用されていた。しかし鑄鋼ロールは摩耗しやすいことと胴部表面にきつ甲状のき裂が発生するところに難点があつた。最近ダクタイルロールが鑄鋼ロールに劣らない強さがあるために、中形連続分塊圧延用粗、中間ロールとして用いられるようになり圧延成績が向上した。また特殊製法による高硬度の鋼系中抜ロールが分塊ロールとして良好な成績をおさめている。しかし分塊ロールに要求される強靱性と耐摩耗性はそれぞれ相反する性質があり、これらの性質を同時に満足させることはなかなか困難である。

Table 2 は中形連続分塊圧延用に使われた鍛造白鑄鉄ロールの圧延実績を示したものである。中形連続分塊圧延用ロールとして NT-A および NT-H ロールが合

Table 2. Results of application of forged cast iron roll (medium continuous billet mill).

Grade	Ex. 1		Ex. 2	
	Alloy cast steel	NT-A	Ductile	NT-H
Hardness (Hs)	35~40°	39°	57~63°	55°
Classification	No 2 stand roll		No 4 stand roll	
Roll size (dia) × (length) (mm)	590 × 1 300		560 × 1 300	
Dressing (mm)	38.8	17	27.7	8
Number of dressing times	7	6	9	4
Rolled products per one dressing (t)	31 000	65 852	31 400	71 716
Rolled products per one mm of dressing (t/mm)	5 600	23 235	10 200	35 850
Total rolled products (t)	21 700	395 114	282 600	286 864
Ratio of t/mm (%)	100	415	100	351
Note		Under using now		Under using now

Table 3. Results of practical application of forged cast iron roll (steel shape mill).

Grade	Ex. 1		Ex. 2		Ex. 3	
	Alloy cast steel	NT-A	Adamite	NT-A	Alloy ductile	NT-H
Hardness (Hs)	35~40°	40°	57~58°	52°	60°	60°
Classification	Middle roll in 3-high roughing mill <125 × 65 × 6		Intermediate stand roll 175 × 75 × 9~6		Fence post roll in finishing stand	
Roll size (dia.) × (length) (mm)	648 × 1 500		437 × 1 000		461 × 900	
Dressing (mm)	16	60	30	28	18	32
Number of dressing times	3	12	5	7	3	7
Rolled products per one dressing (t)	1 429	1 766	3 500	11 000	200	814
Rolled products per one mm of dressing (t/mm)	268	358	583	2 750	33	178
Total rolled products (t)	4 287	21 192	17 500	77 000	600	5 696
Ratio of t/mm (%)	100	142	100	472	100	539

金鑄鋼ロールおよびダクタイルロールの代わりに、同一圧延条件のもので使用された結果、改削量1 mm当たりの圧延t数(t/mm)が数倍向上した。また、折損事故は解消され、さらに耐肌荒れ性、耐摩耗性ともに良好であることから従来1週間でロール組替えを行なっていたものを4~6週間に延長することが可能となり、ロール原単位も約1/2~2.5に低減し、同時に工場の生産性向上に寄与している。

一例として Fig. 17 および Photo. 2 は中形連続分塊 No 4 スタンドにおける従来ロールと鍛造白鑄鉄ロールの摩耗測定結果および肌荒れ状況の比較を示す。延長することによるメリットは大きい。

4.2 形鋼用ロール

一般に形鋼はカリバーロールによつて圧延される。したがつてロールの断面の硬度差が少ないことが望ましい。また胴折れ、カリバー欠損、フランジ欠損などの起

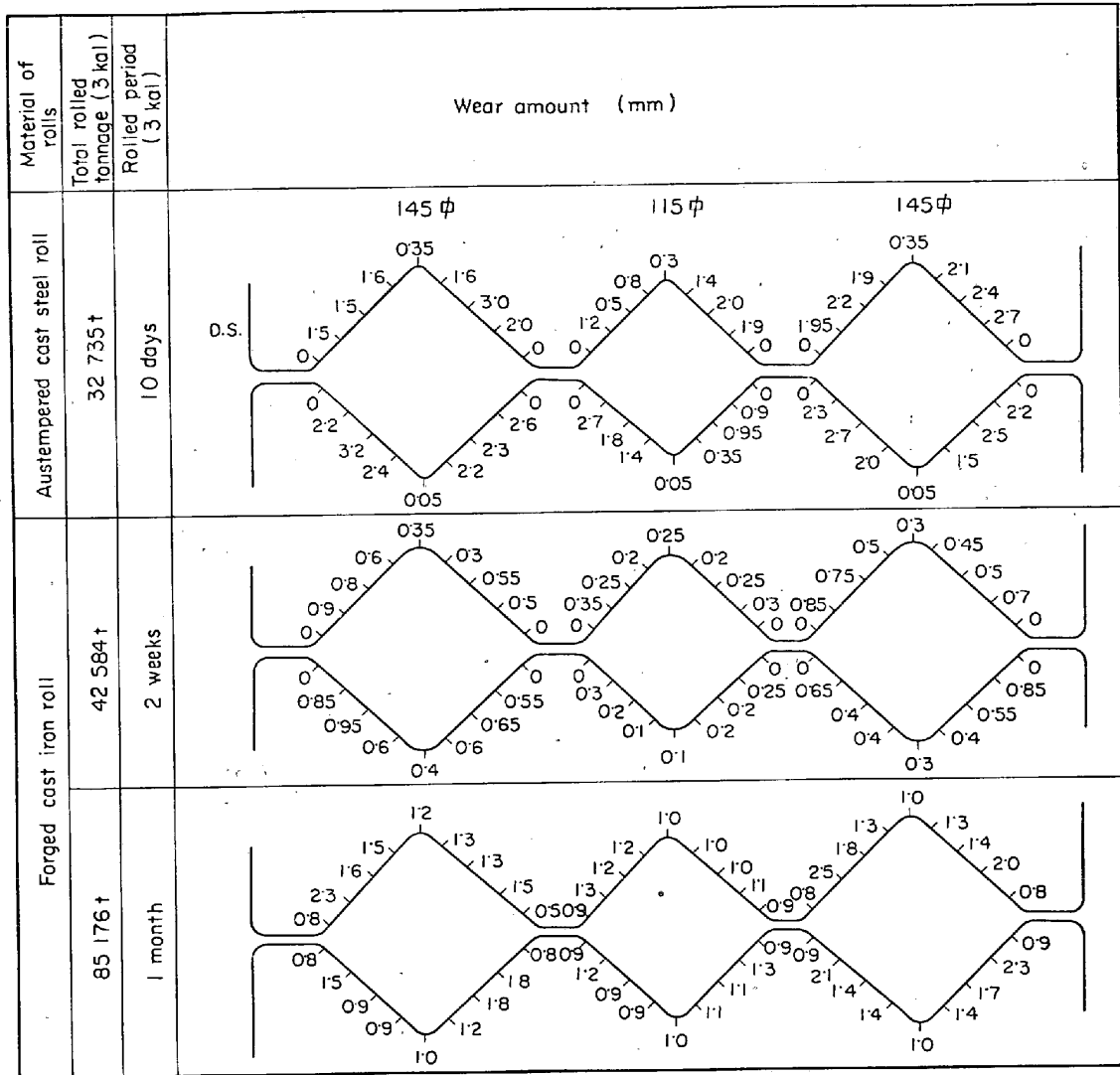


Fig. 17. Wear amount of cast steel roll and forged cast iron roll.

こらない強靱性を有することも形鋼用ロールに要求される重要な性質の一つである。

グレン系ロールは片状黒鉛が析出した鑄鉄系ロールであるため機械的強度が脆弱であり、カリバーが深く強靱性を要する形鋼用ロールには使用できない。ダクタイルロールはグレン系ロールよりも強靱性の面ですぐれているので、大きな圧延荷重にも耐える。しかし深いカリバーを削る場合カリバー底部の耐摩耗性はグレン系ロールと同じように深部ほど劣るから偏差摩耗が生じやすい。アダマイトロールは強靱性とみしかも断面の硬度落ちが少ないので深いカリバーを削り出しても偏差摩耗が少ない。また組織中に遊離セメントライトが存在しているので鑄鋼系ロールよりも耐摩耗性がすぐれている。しかし一般に鑄鉄系ロールに比較してアダマイトロールは表面硬度が低いのが欠点である。

これらのロールはそれぞれ長所、短所があり、形鋼用

ロールに要求される性質を十分に満足するまでにはいたっていない。Table 3に形鋼圧延用ロールの圧延実績を示す。鍛造白鑄鉄ロールは鑄鋼ロールに匹敵する強靱性をもち、すぐれた耐摩耗性と硬度落ちが小さいという特性からして、Table 3の圧延実績にもみられるとおり形鋼用ロールとしてぐ備すべき諸条件をかね備えた材質といえる。

一例として鍛造白鑄鉄ロールを山形鋼 450×50 仕上ロールおよびH型鋼圧延用水平スリーブロールに使用した場合のロール肌荒れ状況および摩耗測定結果をそれぞれ Photo. 3, 4 および Fig. 18 に示す。

4.3 線材用ロール

最近の線材圧延設備は近代化にともない自動化、高速化が進み、ロールにたいする材質的要求も厳格になっている。現在国内では粗圧延に低硬度のダクタイルロールおよびアダマイトロール、中間圧延に中硬度の合金ダク


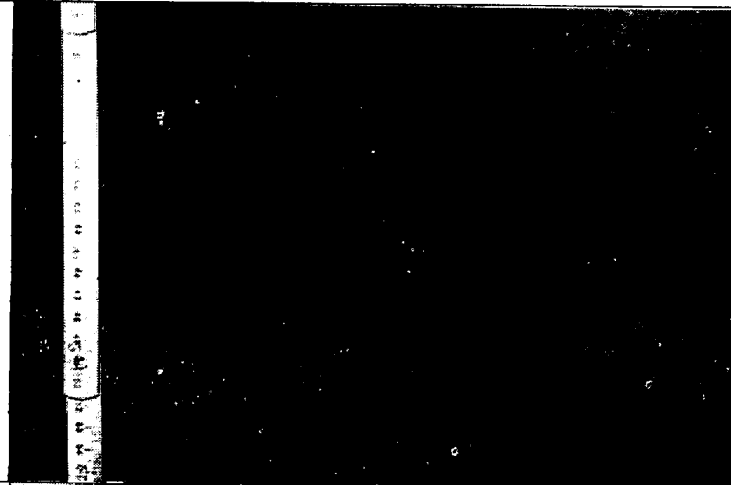
Material of rolls		Surface rouging	
Forged cast iron roll	Austempered cast steel roll	Total rolled tonnage (3kal)	Rolled period (3 kal)
85 176 [†]	32 735 [†]		10 days
1 month	42 584 [†]		
	2 weeks		
	1 month		

Photo. 2. Surface rouging of cast steel roll and forged cast iron roll.

タイル、仕上圧延に高硬度の合金チルドロールが使用されている。粗圧延はか酷な熱衝撃を繰り返うけるので肌あれが著しい。肌あれの点からみれば鑄鋼系のロールが適しているが摩耗が多く、一般には低硬度のダクタイ

ルロールが広く使用されている。

Table 4 に線材圧延用ロールの圧延実績を示す。表に示すように t/mm が数倍に向上していることは、鍛造白鑄鉄ロールの材質特性が線材用鋼片および粗圧延ロー

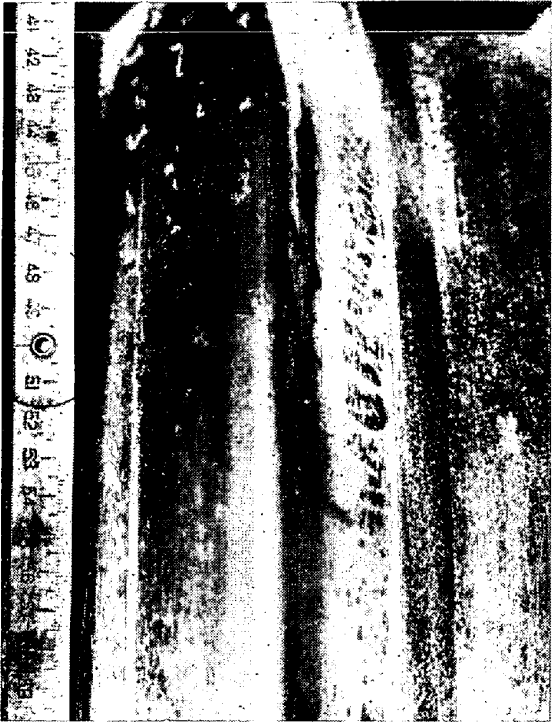


Photo. 3. Surface roughing of forged cast iron roll.
(Finishing roll for angle 450×50)

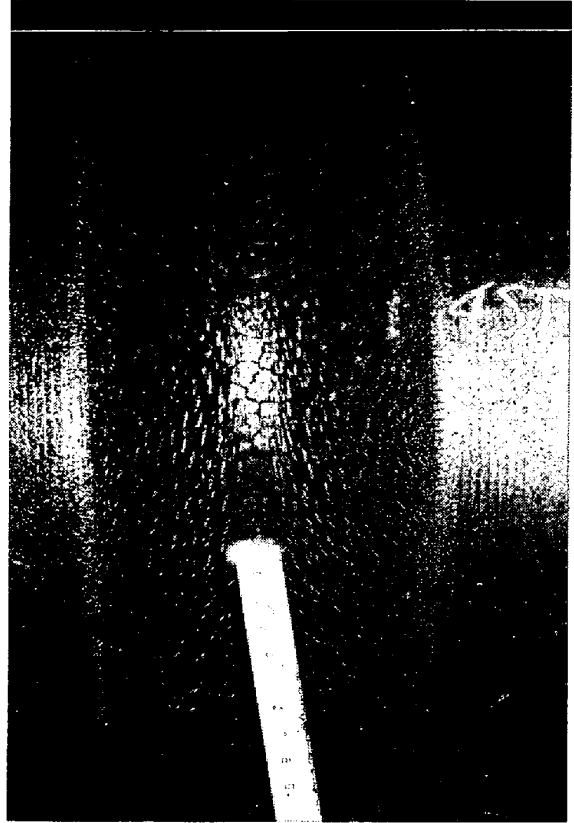


Photo. 5. Surface roughing of forged cast iron roll.

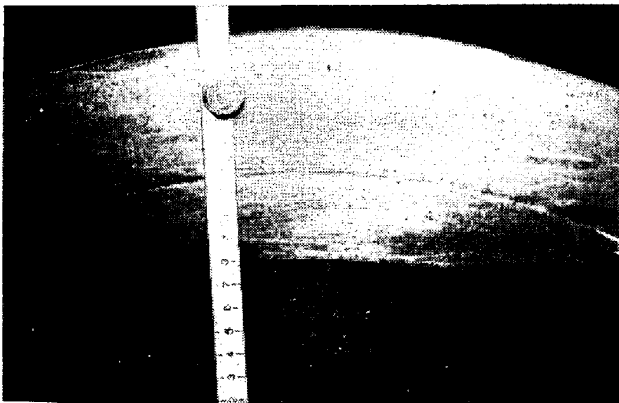


Photo. 4. Surface roughing of forged cast iron roll.
(H 250×125 V₃H roll).

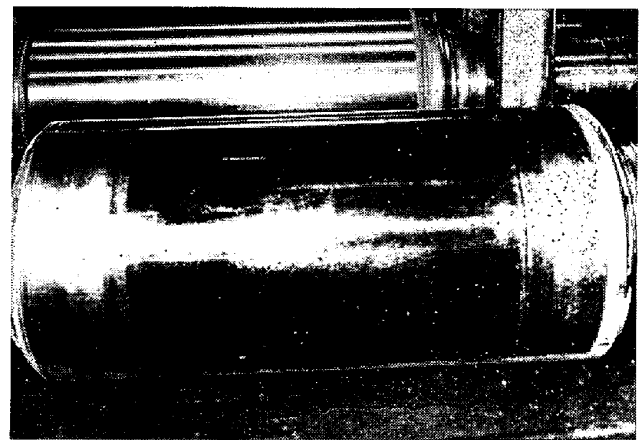


Photo. 6. Surface roughing of forged cast iron roll.
(Hot strip mill, finishing No 1 work roll).

ルとしてすぐれた性能を発揮する材質特性をもっていることを示している。

とくに鍛造白鑄鉄ロールは発生応力の大きい線材用粗スタンドに適用するとき胴部、頸部からの折損事故は解消し、耐摩耗性、耐肌荒れ性ともに良好であるためロール組替周期は従来の1～2週間を4～5週間に延長し生産性の向上に寄与している。Photo. 5は線材粗ロールに適用した鍛造白鑄鉄ロールの肌荒れ状況を示す。

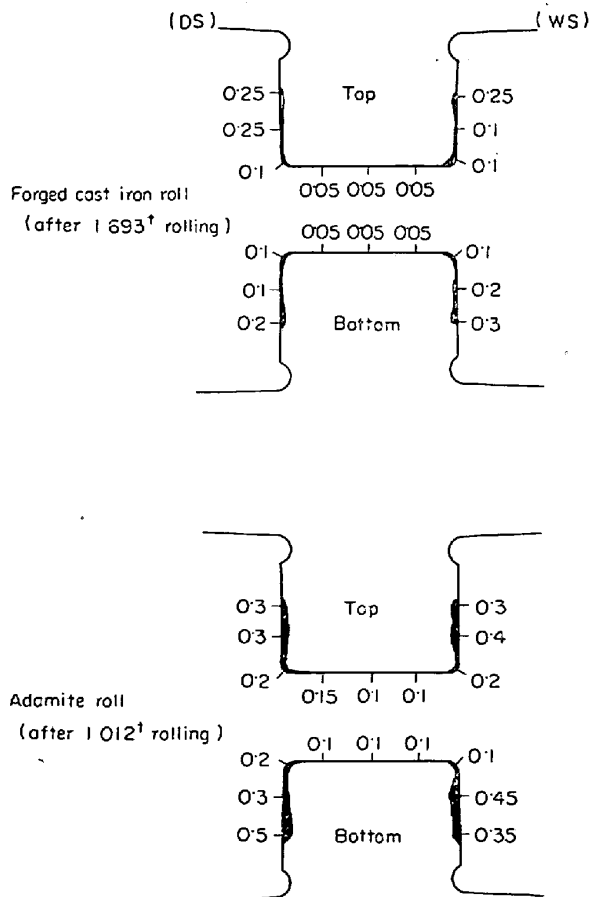
4.4 ホットストリップ用ワークロール

ホットストリップミルは初期にはワークロールとしてチルドロール、合金グレンロール、合金ダクタイルロールなどの鑄鉄系ロールが使用されたが、これらのロールは粗および仕上前段ワークロールに使用するとチルハ

ゲ、折損、バンディング、スリップなどをおこしやすく高品質の圧延品をうるには問題が多かつた。現在ではわが国のホットストリップラインのほとんどすべてが粗および仕上前段ワークロールとしてアダマイトロール(Hs 45～55°)、仕上後段ワークロールとして中抜高合金グレンロール(Hs 75～85°)を使用している。しかしながら後工程の酸洗い、メッキ、塗料のコーティングなどの表面処理にまったく支障をきたさないような高品質のホットコイルを高能率に生産するためには、現在のロール材質ではまだ十分とはいえず、ますますか酷な条件

Table 4. Results of forged cast iron roll (wire rod mill).

Grade	Ex. 1		Ex. 2		Ex. 3	
	Ductile	NT-H	Ductile	NT-H	Ductile	NT-H
Hardness	55±3°	53°	55±3°	55°	55±3°	58°
Classification	No 1-No 4 roll in billet stand of continuous mill		No 1-No 3 roll in roughing stand of continuous mill		No 4-No 5 roll in roll stand of continuous mill	
Roll size (dia.) × (length) (mm)	525 × 900		460 × 1 050		430 × 1 050	
Dressing (mm)	50	51	45	44	45	45
Number of dressing times	3	4	5	6	6	5
Rolled products per one dressing (t)	12 060	96 073	12 000	84 835	12 016	40 614
Rolled products per one mm dressing (t/mm)	2 026	7 535	1 340	4 750	1 602	4 512
Total rolled product (t)	101 300	384 292	60 300	209 010	72 100	203 050
Ratio of t/mm (%)	100	372	100	354	100	282
Note						

Fig. 18. Wear amount of forged cast iron roll (H 250 × 125 V₅H roll).

のもとでも使用に耐える新しい材質のロールの開発がまたれている。

Table 5 にホットスリップ用仕上前段ワークロールの圧延実績を示す。同一圧延条件下で仕上前段ワークロールに使用された鍛造白鑄鉄ロールは t/mm でアダマイトロールの約 40% 増しの成績がえられた。鍛造白鑄鉄ロールはホットスリップ用ワークロールとして試用されて日も浅く、まだ十分な性能を発揮するまでにいたっていないが、どれほど適応するかに関しては今後の材質研究の成果にかかっている。

5. 結 言

本報は熱間圧延ロールとして近年使用されるようになった新しい材質の鍛造白鑄鉄ロールの材質特性を明らかにするとともに、その試用結果について報告した。

機械的に破壊された熱的安定度の高い微細な炭化物が粘着性のある強靱な基地中に多量に分散析出した複合材料的組織をもち、強靱で熱き裂にたいする感受性が小さく、高温強度の大きい鍛造白鑄鉄ロールが、鋼材圧延の各分野で広範囲に使用できるよう、さらに一層の材質改善を加えていきたいと考える。

文 献

- 1) E. PIWOWARSKY : Die Spanlose Verformung des Gubeisens, (1958), p. 812
- 2) H. NIPPER and E. PIWOWARSKY : Gießerei, 28 (1941), p. 305

Table 5. Results of application of forged cast iron roll (hot strip mill).

Grade	Ex. 1		Ex. 2	
	Adamite	NT-H	Adamite	NT-H
Hardness (Hs)	45~50°	48°	45~50°	48°
Classification	No 1-No 2 hot strip roll in finishing stand		No 1-No 2 hot strip roll in finishing stand	
Roll size (dia.) × (length) (mm)	545 × 1 092		686 × 2 057	
Dressing (mm)	3 800	3 900	4 200	4 178
Number of dressing times	65	865	996	120
Rolled products per one dressing (t/time)	615	660	1 050	1 263
Rolled products per one mm of dressing (t/mm)	1 050	1 463	2 500	3 633
Total rolled products (t)	40 000	57 125	104 400	151 600
Ratio of t/mm (%)	100	139	100	145
Note				

- 3) E. PIWOWARSKY and A. WITTMOSER : Foundry Trade J., 81 (1947), p. 125
- 4) N. H. POLAKOWSKY : Metal Progress, 64 (1953), p. 180
- 5) C. A. AUSTIN : Foundry, 82 (1954), p. 86
- 6) 佐藤, 松倉 : 鉄と鋼, 50 (1964), p. 2037
- 7) 中村, 大浜 : 鑄物, 36 (1964)
- 8) 佐藤, 松倉, 松田 : 鉄と鋼, 51 (1965), p. 1059
- 9) R. BARTON : Metal Forming, 33 (1966), p. 432
- 10) 佐藤, 松倉, 樫部 : 鉄と鋼, 55 (1969), S 673
- 11) 佐藤, 松倉, 樫部 : 鉄と鋼, 55 (1969) S 674
- 12) 松田, 大城, 宮川 : 鑄物, 41 (1969), p. 692
- 13) 佐藤, 松倉, 樫部 : 鉄と鋼, 56 (1970), Oct. 発表予定
- 14) 佐藤, 松倉, 樫部 : 鑄物, 42 (1970), Oct. 発表予定
- 15) 森住, 佐藤, 松倉 : アメリカ特許 (1969), 5423, 250, ドイツ特許 (1969) 1287, 593 グレートブリテンおよび北部アイルランド連合王国特許 (1968) 1, 117, 025 など
- 16) 佐藤, 松倉, 樫部 : 鉄と鋼, 55 (1969), S 190
- 17) 佐藤, 松倉, 松本 : 鉄と鋼, 54 (1968), S 224
- 18) C. B. POST, and M. C. FETZER, and W. H. FENSTERMACHER : Trans. ASM, 35 (1945), p. 91
- 19) A. ROSE, and L. RADEMACHER : Stahl u. Eisen, 76 (1956), 1571
- 20) 河合, 小松, 竹下, 小早川 : 鉄と鋼, 43 (1957) p. 975
- 21) V. G. BANDEL and H. C. HAUMER : Stahl u. Eisen, 84 (1964) p. 935
- 22) 利岡, 雑賀, 栗山 : 鉄と鋼, 54 (1968), p. 422
- 23) 佐藤, 松倉, 鎌田 : 鉄と鋼, 53 (1967), S 90
- 24) 佐藤, 松倉, 松田 : 鉄と鋼, 56 (1970), Oct. 発表予定
- 25) 藤原 : 日本金属学会誌, 21 (1961), p. 1631
- 26) 佐藤, 松倉, 伴 : 鉄と鋼, 52 (1966), S 63
- 27) W. SIEFER : Gießerei, 55 (1968), p. 737
- 28) 佐藤, 松倉, 松本 : 鉄と鋼, 54 (1968), S 654