

t s u n k u r u
[創る]

No.2

Fujico Technical Report 1994



表紙のことば

t s u k u r u [創る]

創意工夫による複合技術でトータルエンジニアリングを目指す弊社の理念を「創る」という、物づくりの原点で表現しました。

表紙タイトルバックをギャラリーとして位置づけし、北九州市の産業基盤や文化的側面を反映するような創作活動を行っている人達の「創る」行為をとりあげて『創造的な技術開発』という弊社からのメッセージにかえようとするものです。

今回は創刊号に続き、[鉄]の彫刻家:母里聖徳氏の作品をご紹介します。表紙の作品は、[FORGING-COMPRESSION'93 FROM FOUR CUBES] (第2回国際鉄鋼彫刻シンポジウム - 北九州'93に出品) で、総重量40トンの鉄の彫刻です。

母里 聖徳 Kiyonori Bori [彫刻家] 昭和31年福岡県生まれ

鉄の都に生まれ育ち、鉄の可能性と鉄本来の美しさをテーマに、現代製鉄技術を制作方法に取り込んだ独自性の高い作品を発表。現代美術若手の旗手として注目されている。

昨年、「ザ・リサイクル」第2回国際鉄鋼彫刻シンポジウム-北九州'93に フランク・ステラ、篠原有司男ら世界のアーチストとともに参加、彫刻制作を通して資源保護(リサイクル運動)と地場産業技術を見事に融合させたシンポジウムは各界の注目を集めた。

現在、彫刻と環境設計をテーマに街に根づいた美術・文化の為の仕掛けを構想中である。

Photograph: Yuji Shinomiya

フジコー技報 創る

No. 2

1994. 10. 1

目 次

卷頭言	・フジコー技報第2号によせて NKK社長 三好 俊吉	1
隨想	・CPCとの出会い 九州大学工学部材料工学科 教授 大城 桂作	3
技術論文	<ul style="list-style-type: none"> ・粉体プラズマ溶接法によるサーメット被覆層のトライボ特性 加藤 治、宮崎 裕之、吉村 武憲 	5
	<ul style="list-style-type: none"> ・砂込法による大径ロールの肉盛溶接の開発 宮崎 裕之、林 廉治、吉村 武憲 	10
	<ul style="list-style-type: none"> ・高炭素高合金材料の炭化物モーフォロジ 坂本 真一、齊藤 弘道、武 宏強、松原 安宏 	14
	<ul style="list-style-type: none"> ・連続注入13Cr-5.5Vクラッド材の鍛造と機械的性質 森 靖之助、木下 利哉、山本 厚生 	20
	<ul style="list-style-type: none"> ・連続注入クラッド法によるルーパーローラの開発 坂本 真一、津田 篤信 	26
新製品、新技术	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭粉碎装置用硬化肉盛溶接ロール 	31
	<ul style="list-style-type: none"> ・SHH300粉末ハイス耐摩耗ロール 	33
	<ul style="list-style-type: none"> ・コールドストリップミル・ワーカロール用C.P.Cハイスロール 	35
	<ul style="list-style-type: none"> ・熱延仕上巻取設備用C.P.C下ピンチロール 	38
	<ul style="list-style-type: none"> ・横中ぐり盤用オフライン野書セット定盤の考案 	40
調査報告	・鋳造複合ライナーの材質特性 木下 利哉、戸川 孝司	42
フジコーオリジナルルーツ・鋳型補修技術に関する設備機械の開発 技術の紹介	田北 正一、野田 茂実	46
技術解説	・製鉄プロセスロールのトライボロジイ 加藤 治	51
全社組織		55
工場、事業所 所在地		56

t s u k u r u

Fujico Technical Report 1994

No. 2

1994. 10. 1

CONTENTS

Foreword	Syunkichi Miyoshi	1
Memoir	Keisaku Ogi	3
Technical Paper	<ul style="list-style-type: none"> • Tribological Characteristics of Cermet Coatings by Plasma Transferred Arc Powder Welding • Development of Cladding by Welding for Large Rolls Using Sand Filling Method • Morphology of Carbides in High C, High Alloyed Metals • Forgeability and Mechanical Properties of 13 Cr—5.5 V Clad Material by Continuous Pouring Process for Cladding • Development of Looper Rollers by Continuous Pouring Process for Cladding 	5 10 14 20 26
New Products, New Technology	<ul style="list-style-type: none"> • Hardfacing Roll for Roll Mill of Coal Crusher • Super Wear-resistant Roll Made from High Speed Steel Powder, SHH300 • High Speed Tool-Steel Work Roll for Cold Strip Mills Produced by C. P. C Process • Bottom Pinch Rolls for Down Coilers of Hot Strip Mills Produced by C. P. C Process • Adjustable Surface Plate With Marking Device for Boring Machine 	31 33 35 38 40
Technical Report	<ul style="list-style-type: none"> • Properties of Composite Cast Liner "EST Liner" 	42
Original Technology in FUJICO	<ul style="list-style-type: none"> • Development of Mold Repairing Machines 	46
Commentary	<ul style="list-style-type: none"> • Tribology of Process Rolls in Steel Making Industry 	51
Organization		55
Address		56

卷頭言

フジコー技報第2号によせて

N K K 社長

三好 俊吉

Syunkichi Miyoshi



(株)フジコー（当時の富士工業所）とN K Kとの出会いは、昭和37年、当社京浜地区の川崎製鉄所で、鋳型修理を依頼したのが最初だと記憶している。

これを機に、翌昭和38年には、当社が新鋭薄板一貫製鉄所として建設した水江製鉄所の鋳型修理を、さらに、39年には鶴見製鉄所の鋳型修理をそれぞれお願いすることとなった。また、昭和41年、福山製鉄所製鋼工場の稼働にあたっては、全ての鋳型修理をお任せするなど、ほぼ5年の間に、当社の全ての鋳型修理をお願いすることとなった。自動化・省力化等、この間における、フジコーさんの修理技術の開発はめざましく、発注元の我々も大いにその恩恵を受けてきたところである。

その後、連鋳化の進展に伴って、鋳型修理がほとんどなくなったが、このような経営環境の大きな変化に対するフジコーさんの変容ぶりは極めて印象的であった。製鉄所のロール補修、保全整備、あるいは、予備品の補修延命・補修再生といった分野を開拓し、見事に脱鋳型修理を達成されたのである。これは、まさに、技術立脚型の企業の面目躍如たるものであった。

日本経済は今、大きな転換点を迎えている。長引く不況と相俟って、あたかも袋小路に入った感さえある。

それでも、ここにきて、ようやく大底を打ったのではないかとの観測が出され、業種によっては、景気回復の微かな手ごたえを感じている向きもあるようだ。

しかしながら、鉄鋼業界においては先行きまだまだ不透明である。企業再建のためのリストラ計画も

緒についたばかりであり、目の前には課題山積といわざるをえない状況である。

一方、急激な円高が進み、輸出採算ラインが大きく割れてしまった今、製造業における海外への生産シフトが加速化し、産業の空洞化が、どんどん進むのではないかと懸念されている。

このように極めて厳しい現況であるが、今後とも、日本経済の屋台骨を支えていくのは、間違いなく「製造業」であると考える。言い換えるれば、日本経済の行く末は、ユニークな最先端技術を、日本独自に、いかに開発・応用出来るかという点にかかっていると私は確信する。

言うまでもなく、フジコーさんは、技術指向の極めて強い会社である。「溶接技術」を、ベースとなる技術分野として明確に位置づけ、それを核として、時代の要求に応じた新しい分野に、常に挑戦されている。この飽くなき探求心こそ、日本経済を支える原動力であると思う。

ところで、「驚異の秘境……」「知られざる魔境……」などと銘うち、21世紀を目前にした今も、現代の文明圏の外で、原始的な生活様式をもって逞しく生きている人々の姿をテレビに映しだしていることがある。

様々な文化を吸収し、何のためらいもなく、豊かな（？）物質文明に浴している我々にとって、画面を通して伝えられる彼らの生活ぶりは、極めて異様に映る。我々は、何と恵まれた境遇にいることかと、知らず知らずに感じてしまう。

しかしながら一方で、生き生きとした彼らの眼の輝きをみつめていると、「われわれは、適正レベル

を越えた消費社会を創りだしてしまったのではないか」との反省の念が頭をもたげてくる。現実問題として、今、地球が病んでいる。

われわれは、地球と人類の共生をはかるという大命題に、責任をもって、真剣に取り組まねばならない大事な時期を迎えている。避けて通ることの出来ない人類共通のこの課題を解決する鍵は、現代を生きるわれわれがもつべき哲学とさらなる技術革新、それも、単に従来の延長ではない技術革新にあると言えよう。

調和のとれた豊かな社会を創造するためにも、よってたつところは「技術開発」であると考える。そしてまた、その技術を駆使する者の哲学とそれを迎える社会の眼が厳しく問われなければならない。

この観点に立ってみると、フジコーさんの「ものを大切にする」という理念は、極めて将来性のある卓見である。「修理再生」というといかにも古めかしいが、字づらの古さとは全く逆に、リサイクル技術という新しいものが見えてくる。

また、単純に価値を付加するにとどまらず、設計から製作、据付、さらには、保全までトータルとしての責任を果たそうとされている姿には、フジコーさんの哲学が見える。

今後とも、この理念にそって、特異性のある優れた技術を開発し、なくてはならない企業として大いに発展されるものと期待している。

略歴書

三好俊吉

昭和4年3月16日（東京都）

出身地（主たる成育地）東京都

【学歴】

昭和26年3月 東京大学第一工学部冶金学科卒業

【職歴】

昭和26年4月 日本钢管株式会社入社

同 46年1月 福山製鉄所次長

同 47年7月 同 製鋼工場長

同 50年7月 同 製鋼部長

同 52年7月 製鉄エンジニアリング部総合計画室
長

同 54年7月 製鉄エンジニアリング部長

同 57年6月 取締役就任

同 7月 第二重工本部製鉄エンジニアリン
グ部長委嘱

シカルツア電気炉プロジェクトマ
ネージャー（事務取扱）

同 58年7月 技術研究所長委嘱

同 59年4月 中央研究所長委嘱

同 60年6月 常務取締役就任

同 7月 福山製鉄所長委嘱

同 63年6月 代表取締役専務取締役就任

同 7月 新材料事業部長委嘱

平成2年6月 代表取締役副社長就任

同 7月 技術分野全般につき社長を補佐

同 4年6月 代表取締役社長就任

現在に至る

隨 想

C P Cとの出会い

九州大学工学部材料工学科
教授

大城 桂作
Keisaku Ogi



国鉄戸畠駅の近くに面白い“鋳掛け”をやっている工場があるので一緒に見にいってみないか、と師であり前任者の松田公扶九州大学名誉教授から誘われて、訪問させて頂いたのがフジコー（当時は富士工業所）を知るきっかけであった。丁度、学位論文を済ませたばかりの昭和49年の5月頃であったと思う。研究室に配属されてきた学部4年の学生に手伝ってもらって、熱電対と温度記録計を持って訪れた鹿児島線沿いの工場内は、溶接装置、溶解炉などの諸設備、製品が、素人目には規則性なく置かれており、やや雑然とした印象を受けた。目的の鋳掛け設備（フジコーでは「縦式溶接装置」と称していることを後に知った）は、工場のほぼ中央部に設置されており、この装置の開発と操業に当たってきたと思われる技術者から丁寧かつ熱心な説明を受けた。この方の名前は忘れてしまったが、逞しく精悍で、いかにも仕事に打ち込んできたと感じさせられた風貌は今でもよく覚えている。高周波加熱コイルの作用で流動する溶湯内に熱電対を数本挿入し、鋳掛けプロセスにおける重要因子である温度分布の測定を行った。製品の一部も頂いて接合部の組織を調査し、界面組織の生成機構を解析して、同行した4年生の卒論として纏めた。この学生は、大学院においてもこの問題に取り組み、鋼と合金鋳鉄、ステンレス鋼との組合せで、界面反応と凝固に及ぼす母材予熱温度や溶湯流動の影響を定量的に評価した。当時、博士課程に進学した学生が、回転磁界発生装置などを利用して、融液からの結晶成長とマクロ偏析の生成に及ぼす溶湯流動の影響について研究中であり、その関連からも興味深く感じたテーマであった。こう

した大学での研究成果が現場での諸現象の理解とプロセス制御技術の向上に些かなりとも貢献できたとすれば幸いである。

その後、北九州工場の装置の原理を応用した新設備が岡山に建設されたので見学に来ないかとのお誘いを頂いたが、忙しく過ごしているうちに機会を逸していた。最近、鉄鋼協会の圧延ロール部会の主要テーマとなっている熱間圧延用のハイス系ロールも製造しているということで、本年6月1日、大阪で開催された日本鋳物協会講演大会に出席した帰途、訪問させて頂いた。20年振りに見る鋳掛け装置は、溶湯の鋳込み温度、高周波コイルからの入熱量、モールドを通しての抜熱量等が高精度で制御されたスマートな大型設備へと、見違えるような成長を遂げていた。部品の多くは、自家製のことであり、広範囲の技術を駆使して高レベルの独自技術として仕上げたことに感心した。北九州で生まれた鋳掛け技術がC P Cプロセスとして開花したわけであるが、日々の生産活動の中で高レベルのニーズに対処するための工夫が新技术のシーズとなり、それをうまく育て上げようとする環境・技術力がうまく噛み合って、こうした画期的なプロセスが誕生したのであろう。こうしたシステムがうまく機能していることが、フジコーにおける溶射、肉盛溶接の技術動向や特殊鋳造法による耐摩耗鋳造複合ライナーの開発の経緯などに関するお話をうかがうことができた。私自身も耐摩耗用高合金鋳鉄の組織制御について長年にわたり研究し、金属とセラミックスの接合及び複合化研究も行っていることもあって、大変興味深く見学させて頂いた。

今年は学生の就職担当主任に当たっているが、4年ほど前に主任をしたときとは様変わりの状況である。バブル期は過度の売手市場の状態にあって、少々出来の悪い製品でも大丈夫といった感じで、学生にも甘えがでてきていたように思われる。今年は、大学への求人来訪者もめっきり減少し、採用試験も厳しくなっており、学生も真剣な勉学が必要と感じているようである。ある程度こうした景気の波が巡ってくることも意味のあることかもしれないが、うまく就職できない学生が全国的に多数でてくるのではないかと心配される。もう少しバランスの取れた

経済、経営の舵取りが出来ないものかと思われるが、難しいことなのである。素形材関連企業では、バブル崩壊及び円高による不況の影響を強く受けている所が多いようである。21世紀に産業の空洞化を招かずに済むように、产学研官あげて新製品開発と技術の高度化に努めなければならない。

溶接、鋳造はじめ色々な要素技術を持ったフジコーは、従来技術の充実・高度化とそれらを複合化した新技術の開発に尽力し、技術のフジコーとしてさらに発展して素形材関連企業や大学の研究者、技術者に刺激を与え続けてくれるものと期待している。

技術論文

粉体プラズマ肉盛法によるサーメット被覆層のトライボ特性

Tribological Characteristics of Cermet Coatings by Plasma Transferred Arc Powder Welding



溶接溶射技術開発室

加藤 治
Osamu Kato

溶接溶射技術開発室

宮崎 裕之
Hiroyuki Miyazaki

溶接溶射技術開発室長

吉村 武憲
Takenori Yoshimura

要旨

皮膜剥離の恐れのない表面改質技術として有力視される P T A 肉盛法によるサーメット被覆層の熱間摩耗ところがり疲れ特性を調べた。その結果、熱間耐摩耗性はハイス系材質よりも格段に優れていること、また肌荒れに関連するころがり疲れに対しては炭化物のサイズを微細化することにより特性向上の可能性があることがわかった。今後さらに周辺技術が進展すれば、圧延ロールなどへの適用が充分可能である。

Synopsis :

The hot wear and rolling contact fatigue characteristics of the cermet coatings by plasma transferred arc powder welding which is regarded as promising as the surface reforming technology, by which the separation of coating films is not feared, were examined. As the result, it was found that the hot wear resistance was markedly superior to that of high speed steel materials, and as for the rolling contact fatigue related to surface roughening, there is the possibility of improving the characteristics by making the grain size of carbides fine. Hereafter, if the peripheral technologies progress further, it can be sufficiently applied to the rolls for rolling and others.

1 緒言

材料選定の自由度が高く、かつ、実用化がよく進んでいる表面改質技術に溶接肉盛と溶射がある。この溶接肉盛法の一つである粉体プラズマ（以下、PTA: Plasma Transferred Arc Powder Welding）肉盛法^{1)~3)}は溶射法と比較すると Table 1 のような特徴を有する。

このように、PTA 法は溶射法に比べて母材からの剥離の恐れがないという大きな利点を持つために近年注目を浴びている。しかし、他の溶接肉盛法に比べると母材の溶け込み量が少なく、溶接速度は遅い。

PTA 法の適用対象は広範囲に亘るが、ここでは熱間圧延ロールへの適用を考え、そのトライボ特性を初めて調査した。

圧延ロールに必要なトライボ特性は耐摩耗性、耐肌荒れ性であるが、さらに材質が円周方向、軸方向、さらに深さ

Table 1 Comparison between PTA and thermal spraying method

	PTA	Thermal spray
Thickness of coating	Several ~ 10mm	Several 10 ~ Several 100μm
Raw material	Powder/metal, cermet	Powder/metal, cermet, ceramics, wire
Soundness and strength of coating	No porosity and no microcrack.	Some porosity and microcrack.
	Unhomogeneity between beads of weld.	Having of risk of peeling off
	No peeling off	

方向で均一でなければならない。PTA 法はこの点の課題も残されているが、その解決には周辺技術、すなわち、粉

末の供給量コントロール技術、固体と液体の均一混合、アーケの安定化、および後処理などの進展に期待するほかない。

本報では、PTA 肉盛法で作成した 3 種類のサーメット材料を同じく 2 種類のハイス系材料と比較して、高温摩耗実験、および耐肌荒れ性評価のためのころがり疲れ実験を行なった結果について報告する。

2 実験方法

2.1 供試材

供試材は Table 2 に示す 5 種類である。いずれも PTA 法により、S35C/75mm φ、およびSS400/25mm φ の丸鋼を母材として、その表層に 2 ないし 3 層盛をして素材を作成した。なお、Cr 炭化物と Nb 炭化物は PTA 法では通常用いられており、物性値は Table 3²⁾ のようである。

Table 2 Used materials

Notation	Composition	Vickers hardness	Remarks
X3	Low C high speed steel	850~900	
H1	High C high speed steel	1000~1100	
CCR	50% Cr carbides with Co base alloy	500~600	Mixed powder
60NC	60% Nb carbides with Co base alloy	650~750	Mixed powder
80NC	80% Nb carbides with Co base alloy	700~800	Agglomerated powder

Table 3 Properties of carbides

Properties	Cr ₃ C ₂	NbC
Molecular weight	180.1	104.9
Bonded carbon (%)	13.34	11.46
Crystal	Orthorhombic a : 2.82	NaCl
Lattice constant (Å)	b : 5.53 c : 11.47	4.46
Melting point (°C)	1890	3800
Density (g/cm ³)	6.7	7.86
Hardness (Hv)	1300	2400

2.2 実験条件

2.2.1 高温摩耗実験

高温摩耗実験は熱延ロールシミュレータとして知られている試験機⁴⁾を用い、Table 4 の条件で行なった。摩耗量はプロフィールから摩耗深さを測定して求めた。

Table 4 Experimental conditions of hot wear test

Material of mated disk	S 45C
Temperature of mated disk (°C)	800
Temperature of test disk (°C)	500
Load (N)	98
Rotation speed (rpm)	700
Slip ratio(%)	22
Number of rotation	10000, 2000

2.2.2 ころがり疲れ実験

ロールの肌荒れは主に、ころがり接触疲労による表層付近の炭化物の破壊に起因すると考えられる⁵⁾。そこで、ころがり疲れ実験は西原式摩耗試験機を用い、すべり 0、相手片の接触巾を 3 mm とし、ヘルツの最大接触面圧を 1770 MPa として、Table 5 の条件で行なった。なお、本実験は供試材 CCR と 80NC のみについて実施した。

Table 5 Experimental conditions of rolling contact fatigue

Material of mated disk	SUJ 2
Contact stress(MPa)	1770
Lubricant	Cooling water
Number of rotation	250 thousands
Test temperature	Room temp

3 実験結果および考察

3.1 高温摩耗実験

試験後の表面外観を Fig. 1 に、そのプロフィールの測定結果例を Fig. 2 に示す。中央が接触部である。X3、H

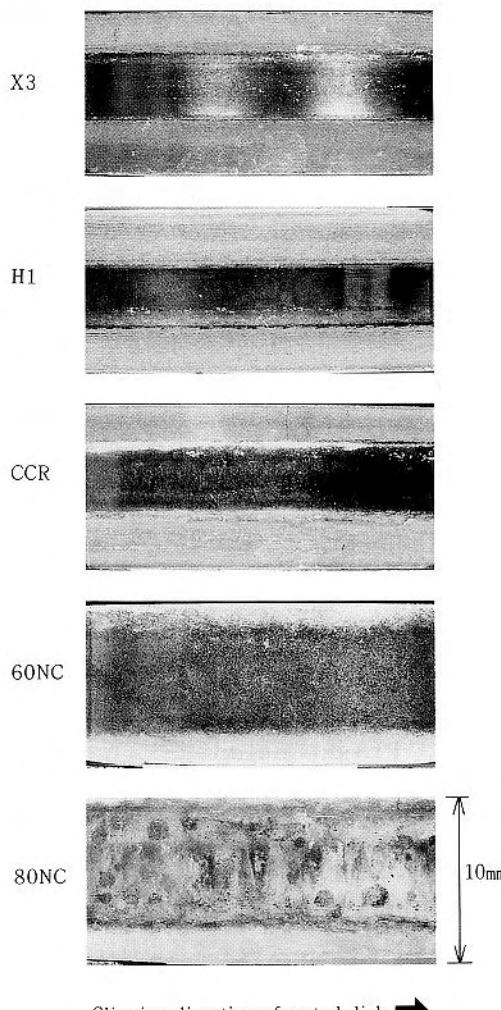


Fig. 1 Appearance of wear test disk (after 20000 rotations)

1、CCRには接触部に酸化膜が生成して、かつ、摩耗深さが大きいが、60NC、80NCには酸化膜がなく、摩耗深さが浅い。

プロフィールから最大摩耗深さを、円周方向4ヶ所で読み取って平均した結果をFig. 3に示す。これらの図から次のことがわかる。

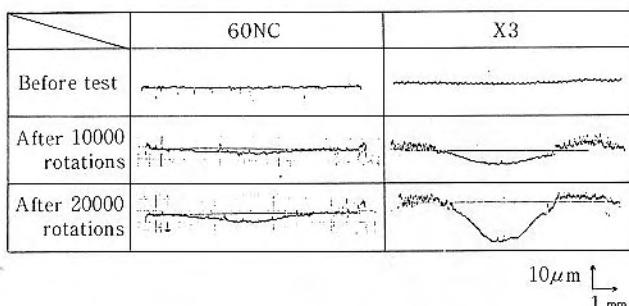


Fig. 2 Example of profile of wear test disk

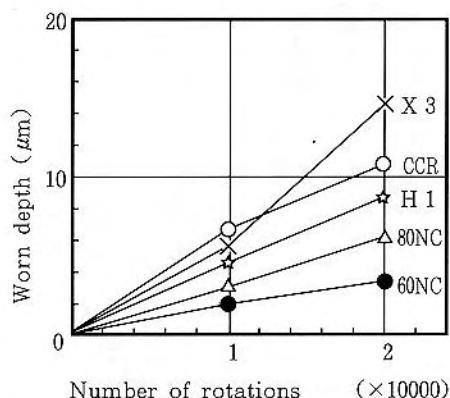


Fig. 3 Result of hot wear test

(1)同種のハイス材でも高C、すなわち、炭化物の量が多いほど摩耗量は少ない。これは、この摩耗機構をアブレージョンとすれば⁶⁾、Fig. 4からアブレージョンの障壁となる炭化物量の違いの影響として理解される。すなわち、摩耗原因となるアブレーシブ(砥粒)より硬い炭化物の面積率が高ければ材料はアタックされ難い。

(2)炭化物種類の影響としては、Cr炭化物を含むものがNb炭化物を含む材料より摩耗量が多い。これはCr炭化物の方がより硬さが低い、あるいは靭性が乏しいためと推測される。

(3)炭化物サイズと量の影響としては、Nb炭化物の場合のみであるが、量が多く、サイズが数~10 μmと細かい方(80NC)が、量が少なく、サイズが数10~100 μmと大きいもの(60NC)より耐摩耗性が劣る。この原因是判然としないが、炭化物が(1)で触れたようなアブレーシブのアタックに耐えるにはある程度の大きさが必要なのではないかと推察される。

(4)今回の実験で最も摩耗量の少なかったサーメット系材料(60NC)は、高Cハイス系材料(H1)のおよそ2分の1

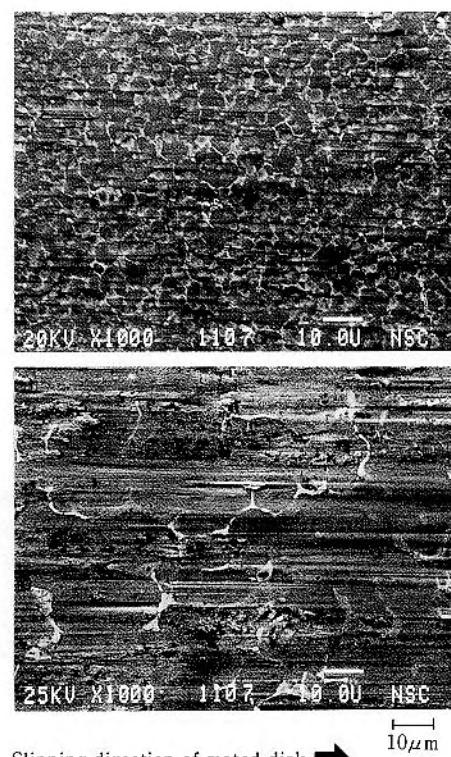


Fig. 4 Secondary electron image of wear test disk(1)

の摩耗量である。ハイス系の材料より耐摩耗性の優れた材料はこのようなサーメット系しかないであろう。

サーメット系材料についても摩耗試験後の表面をSEM観察すると、Fig. 5のように、いずれもマトリックス部分のみに引っ掻き状の跡がみられ、この場合にも摩耗機構はアブレーシブ摩耗であること、炭化物はアブレーシブ作用の障壁となっていることがわかる。

勿論、摩耗機構はこのように単純ではなく、マトリックスの強度靭性、表面酸化膜の性状なども影響しており、機械的摩耗のほかに化学的摩耗も熱間では特に寄与している可能性がある。事実、60NCの別の視野には、Fig. 6に示すように相手片からの酸化鉄の移着が認められ、これが保護あるいは潤滑作用をしていることを否定できない。

3. 2 ころがり疲れ実験

通常ころがり疲れ実験は、表面疲労が生じるまでの寿命で判定するのであるが、その途中段階である転動数25万回で表層付近の炭化物の破壊状況をSEM観察した。その結果はFig. 7のとおりであり、表面直下の炭化物が破壊されているのが明瞭に認められる。その状況はCCRと80NCの材料間で次のような差異がある。

(1)いずれの試験片にも表面と表面から数10 μm深さの間にある炭化物に、表面にはほぼ平行なラテラルクラックが観察される。これらは炭化物内部から発生して一部はマトリックス内部にも進展している。

(2)試験片CCRの方が同80NCよりクラックの数、長さともに大きい。これはCCRの炭化物サイズの方が大きいこと、

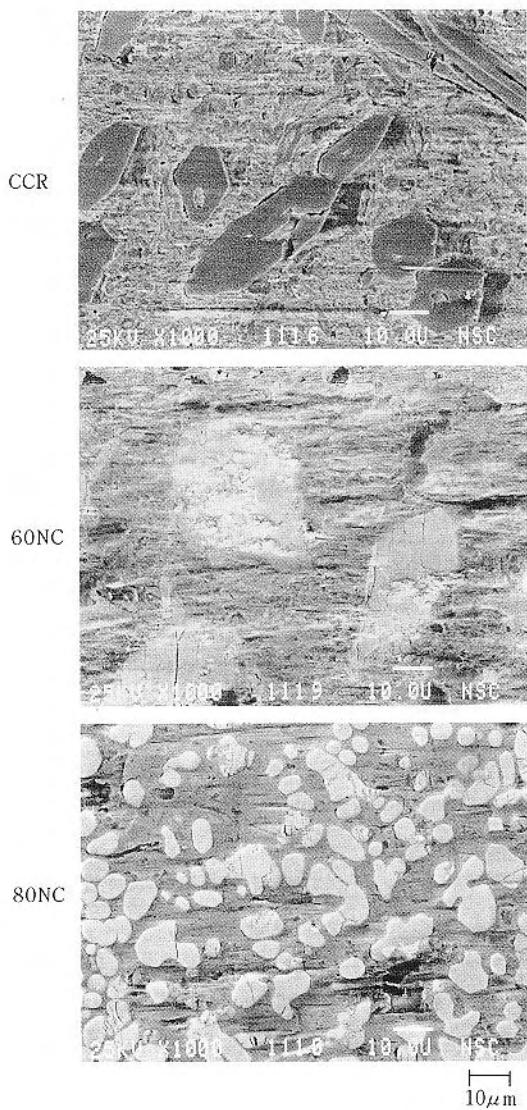


Fig. 5 Secondary electron image of wear test disk(2)

およびCr炭化物の特性によるものと考えられる。

(3)クラックの認められる深さは、他の視野の観察結果も含めると、CCRが60μm以内、80NCが20μm以内であった。

熱延ロールに見られるクラックの生成原因の大きなものは熱疲労とそれに続くころがり疲労であるが⁷⁾、その発生源は炭化物であり、これらのクラックがマトリックス内に伝播して連結し、表層の一部が脱落することが肌荒れの原因であることはほぼ確かである。しかしながら、このような材料のミクロ破壊力学は未確立であり、上記のクラックの深さの違いは現在では説明できない。ちなみに、従来の均一連続弾性体力学に基づいたヘルツ接触における τ_{\max} の位置は約180μmであり、本研究で得られたクラック深さの数倍以上である。

また、クラックの位置が炭化物とマトリックスの境界ではなく、ほとんどが炭化物内部でへき開破壊のように生じていることは、境界強度の方が炭化物の強度より大きいこ

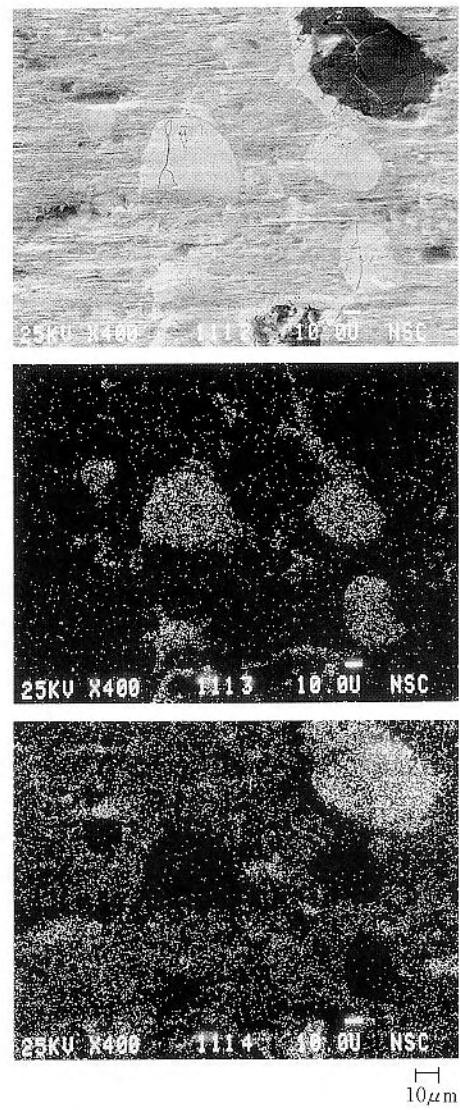


Fig. 6 EDS analysis of wear test disk 60NC

とを意味しており、破壊のクライテリア設定のためには重要な事実と思われる。

4 結 言

皮膜剥離の恐れのない表面改質法として有力視されるPTA肉盛法によるサーメット被覆層の熱間摩耗特性を調べたところ、圧延ロール材質として現在使用されているハイス系材質より著しく優れていることがわかった。また、定性的ではあるが、肌荒れに関連すると考えられるころがり疲れに対しても、炭化物の性状、サイズを適性化することにより充分な特性を付与できる可能性が大きい。

これらのことから、PTA肉盛法を圧延ロールなどに適用するために残された課題はその周辺技術である材質の均一化、および成膜能率の向上であろう。しかし、それら技術の進展を待つばかりでなく、本報で述べたような炭化物とマトリックスの最適設計指針を得るための基礎技術の蓄

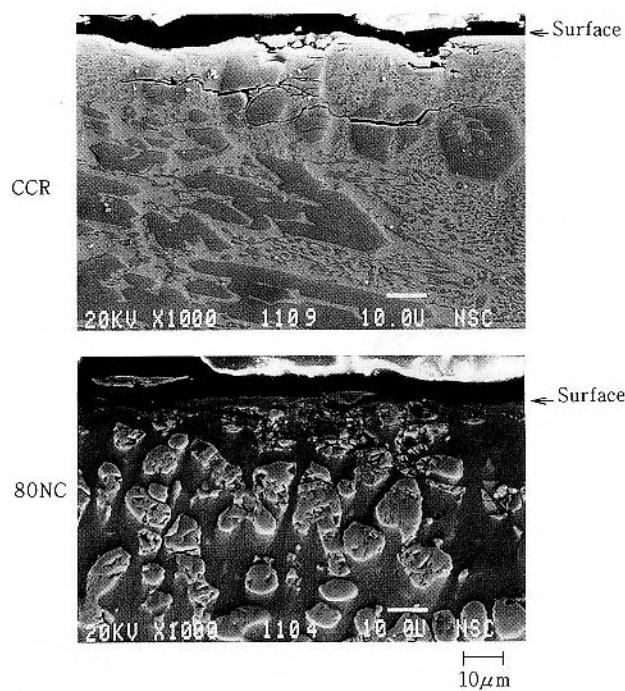


Fig. 7 Cross section of rolling contact fatigue test disk

積が肝要であると考える。

謝 辞

本実験の実施に当たり、高温摩耗試験機の借用を認め、実験に協力して頂いた新日本製鐵(株) 加工プロセス研究部(現圧延プロセス研究部)に謝意を表します。

参考文献

- 1) 加藤哲男, 竹中宥公: 鉄と鋼, 75 (1989), p.42
- 2) 安斎正博, 中川威雄: 鉄と鋼, 76 (1990), p.58
- 3) 富田友樹, 高谷泰之, 原田良夫: 日本国金属学会会報, 31 (1992), p.1056
- 4) 中島浩衛, 大貫輝, 蓮香要: 昭和53年塑性加工春季講演論文集 (1978), p.181
- 5) Osamu KATO, Hiroyasu YAMAMOTO, Matuo ATA-KA, Koe NAKAJIMA: ISIJ Int.32 (1992), p.1216
- 6) 加藤 治, 山本晋康, 安高松男: CAMP-ISIJ, 4 (1991), p.462
- 7) 加藤 治, 山本晋康, 安高松男: 日本潤滑学会トライボロジー会議予講集 (福岡, 1991-10), p.159

技術論文

砂込法による大径ロールの肉盛溶接の開発

Development of Cladding by Welding for Large Rolls Using Sand Filling Method



溶接溶射技術開発室

宮崎 裕之

Hiroyuki Miyazaki

溶接溶射技術開発室

林 慶治

Keiji Hayashi

溶接溶射技術開発室長

吉村 武憲

Takenori Yoshimura

要旨

中空の大径ロールの肉盛溶接においては、従来鋼製リブをロール内径に溶接で取付け歪みを防止していた。この方法だと製造及びコスト上の問題があった。今回、砂込法と言う新しい施工法によりこれらの問題点を解決、実用化した。

Synopsis :

In the cladding by welding of a large hollow roll, conventionally its distortion has been prevented by attaching a steel rib to the inner surface of the roll diametrically by welding. In this method, it has caused problems in its manufacturing and cost. At this time, these problems have been solved by using a new working method called "Sand Filling Method" and it has been put to practical use.

1 緒言

ロールシェルに耐摩耗性が要求される中空大径ロールを製作する場合、各種の方法で製造された鋼管の外面に耐摩耗性金属層を肉盛溶接で製作する方法がある。この際ロールシェルは溶接時の熱応力によって歪むために、それを防止する必要がある。この目的で従来主に施工されている方法はロールシェル内部に多数の円形状支持板(鋼製リブ材)を小間隔毎に取り付け固定して溶接を行い、更に溶接中は熱応力によるロールシェルの歪みを少なくするために、各種溶接条件を常時監視、制御しなければならない。この様にして肉盛溶接が完了した後は、残留応力除去、表面硬度の調整などのために熱処理を行い、その後上述の支持板を切断除去している。このため多数の手間を要し、製作コストが高くなり、支持板が無い部分では局部的に歪むため、品質面でのバラツキもあった。

上記の諸問題を解決するために、ロールシェル内部に砂を充填した状態で外面に所定の金属の肉盛溶接実験を行った。この結果歪みも殆ど無く、肉盛厚みが一定した高品質のロールシェルが得られた。このような施工法を「砂込法」と命名し、実機ロールの製作に適用した。以下に砂込法に

ついて紹介する。

2 従来の施工方法

従来の中空大径ロールへの一般的な肉盛技術はFig. 1に示す如くシェルの内面に鋼製リブ材を取り付けることにより、溶接時の熱応力による歪みを防止していたが、鋼製リブ材が無い部分では局部的には歪むため、次に示すような欠点があった。

- (1) 多くの余盛り量が必要となる。
- (2) ロールシェル全長に渡る均一な肉盛厚みが得られない。
- (3) 結果的に厚肉盛となり、高硬度溶材(ピッカース硬さ600以上)の場合、溶接条件の管理が非常に難しくなり、割れ等の欠陥が発生しやすくなる。
- (4) 母材として使用条件上の強度面からではなく、歪み防止という溶接施工上の理由により厚肉のパイプが必要となる。
- (5) 鋼製リブ材の取り付け、取り外しに多くの工数が必要であり、また毎回廃材となるため、高価なものになる。

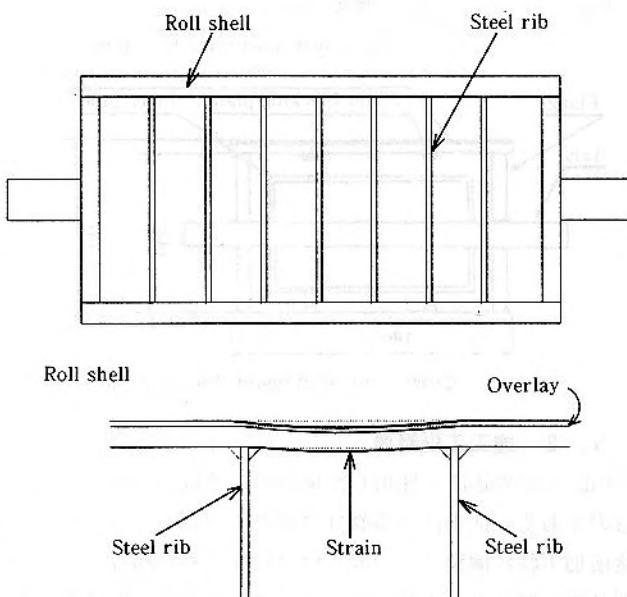


Fig. 1 Schematic strain distribution in conventional method

3 実験方法

3. 1 母材製作及び寸法測定

厚さ25mmのS S材をロールベンダー法及びそれに続く突合せ溶接法にて外径760mm ϕ 、長さ2100mmのロールシェルを作成し、内外径を施盤にて加工し、内径は716~717mm ϕ とした。内径2ヶ所を長さ方向に200mmピッチで寸法測定した。(ロールシェル厚みは20mmとした)

3. 2 母材への砂込め

Fig. 2(a)に示すようにロールシェルを縦向きに設置し、軸材と底板を溶接で取り付け、上方開口部からロールシェル内に砂を充填した。

3. 3 肉盛溶接前加工

次いでFig. 2(b)に示すように天板を上方開口部に設置し溶接で固定した。用いた底板と天板には充填した砂が漏れない程度のガス抜き穴を設けた。

3. 4 肉盛溶接及び熱処理

Fig. 2(c)に示すように本体を水平にして、回転させながら、サブマージアーク溶接でクロムモリブデン鋼の肉盛層を厚さ5mm溶接し、引き続き所定の熱処理を行った。

3. 5 冷却及び歪測定

冷却後常温に戻った時点での外径を測定した。次に底板、天板、軸を取り外し砂を抜いた後、再度同じ位置を寸法測定し、歪みを調査した。

4 実験結果

内径寸法測定位置をFig. 3に示す。測定結果をTable 1、Fig. 4に示す。

今回の実験で溶接時の熱応力による歪みが凸部で+0.4mm、凹部で-0.6mmと非常に少ないことが判った。従来の鋼製リブ方式では、その間隔にもよるが、約5mm前後の

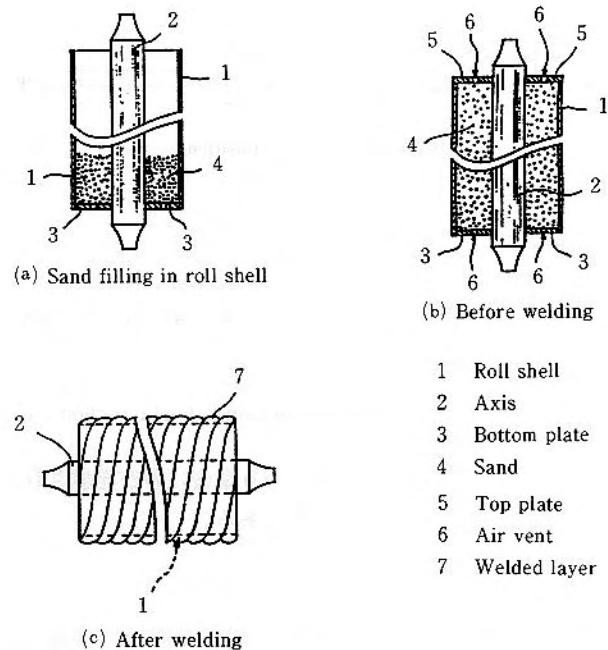


Fig. 2 Sand Filling Method

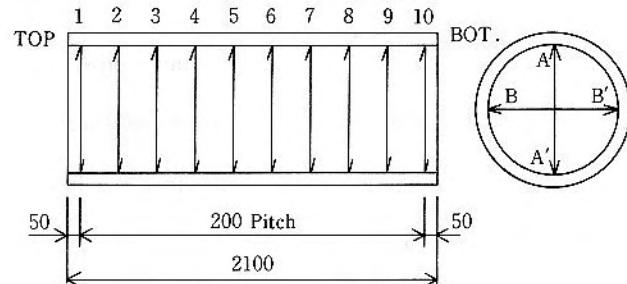


Fig. 3 Measured points of inner diameter

Table 1 Inner diameter before and after welding

	A-A'			B-B'		
	Before welding (mm)	After welding (mm)	Balance (mm)	Before welding (mm)	After welding (mm)	Balance (mm)
Top side	1	717.1	716.5	-0.6	716.8	716.5
	2	717.0	717.0	± 0	716.7	716.9
	3	717.1	717.0	-0.1	716.7	716.6
	4	717.3	717.1	-0.2	716.9	716.6
	5	717.0	716.8	-0.2	716.8	716.5
	6	717.6	717.1	-0.5	716.7	716.2
	7	717.6	717.3	-0.3	716.7	716.1
	8	717.0	717.3	+0.3	717.0	717.1
	9	716.8	717.1	+0.3	716.8	717.2
	10	717.1	717.4	+0.3	716.8	717.0

歪みがあることが知られている。

また砂込めの際、ロールシェルを400°C迄加熱した後で砂を充填し、天板を溶接した。その後200°C迄冷却し、肉

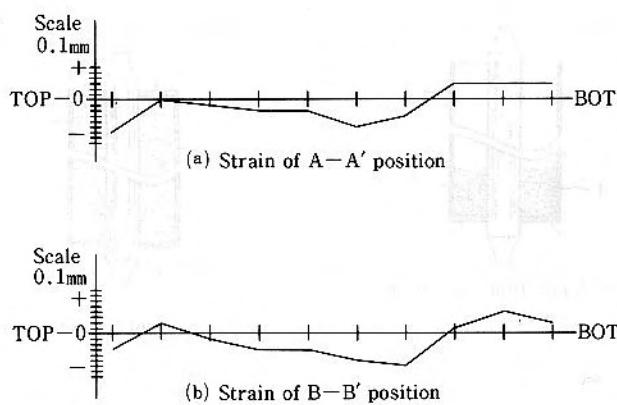


Fig. 4 Strain distribution in longitudinal direction

盛溶接を行った。この方法だとより緊密に砂が充填され、しかも溶接に際しての予熱効果もある。

5 実施工例

実験により確立された「砂込め法」という新しい施工法で製鉄所で使用されるCGLタワーデフレクターロールを施工した。

5. 1 ロール形状概要

Fig. 5 にロール形状の概要を示す。

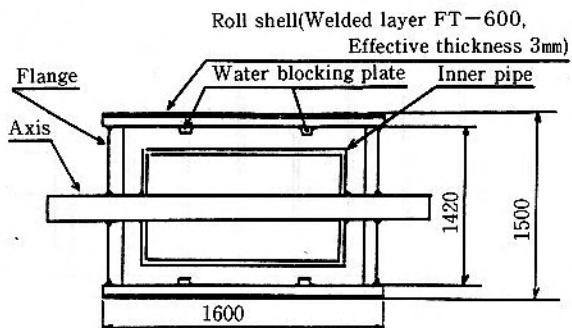


Fig. 5 Cross section of tower deflector roll

5. 2 施工工程概要

Fig. 6 は砂込法を採用した場合の主要施工工程を示したものである。従来法の鋼製リブ方式ではロールシェルの溶接前加工時に鋼製リブの取り付け作業と外径粗加工後に鋼製リブの取り外し工程が加わるため、砂込め、砂抜き工程に比べ工数が多くなる。以上のように、従来法にくらべ砂込法は作業工程の簡略化がはかられた。また実機ロールの施工において、品質面でも実験と同じように変形の少ない精度の高い製品が得られた。

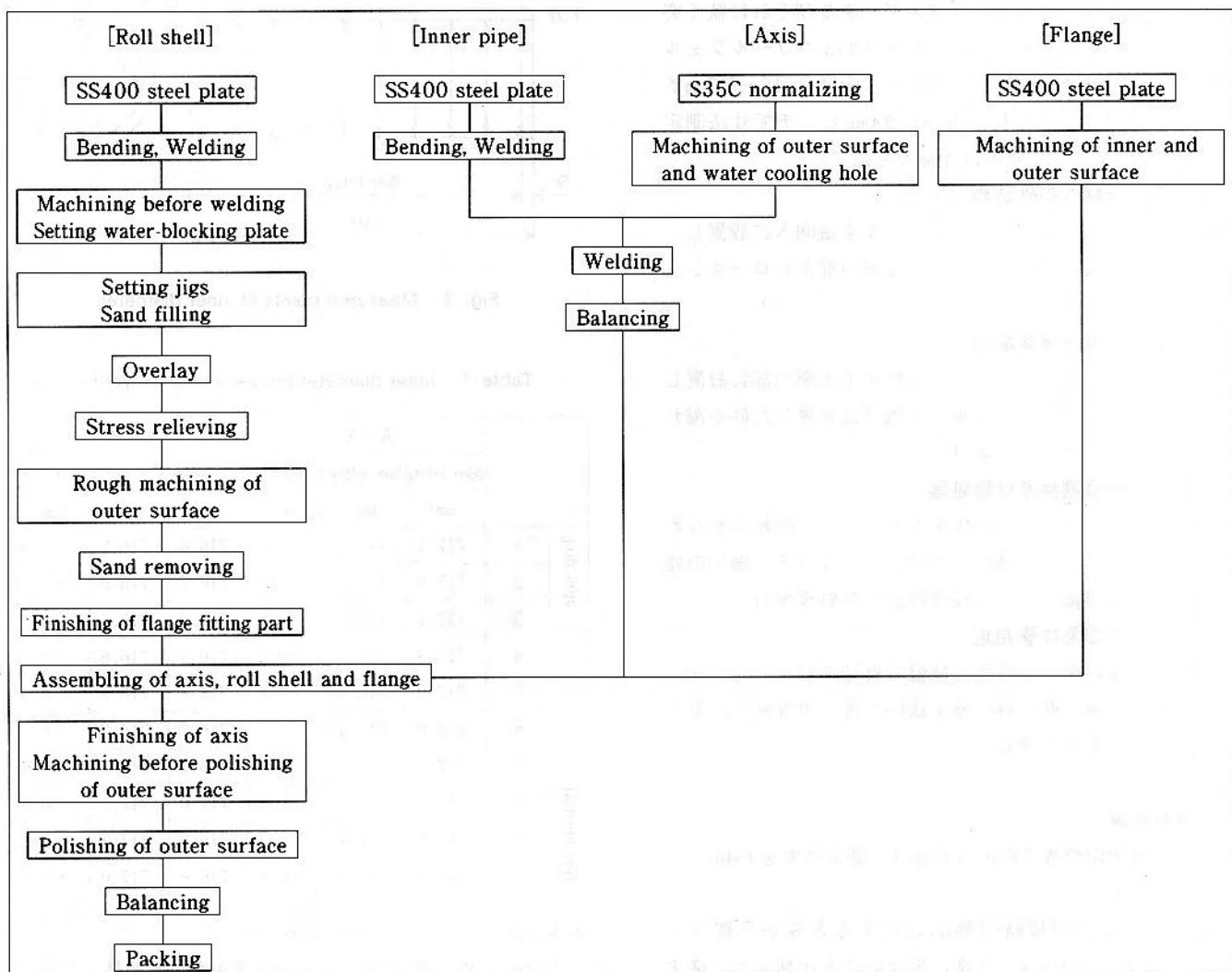


Fig. 6 Working flow of sand filling method

Fig. 7 ~Fig. 10に施工時の写真を示す。

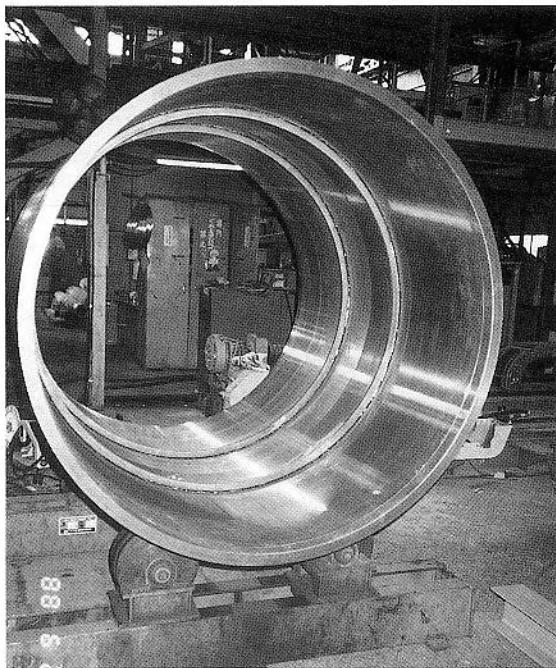


Fig. 7 Machining before welding

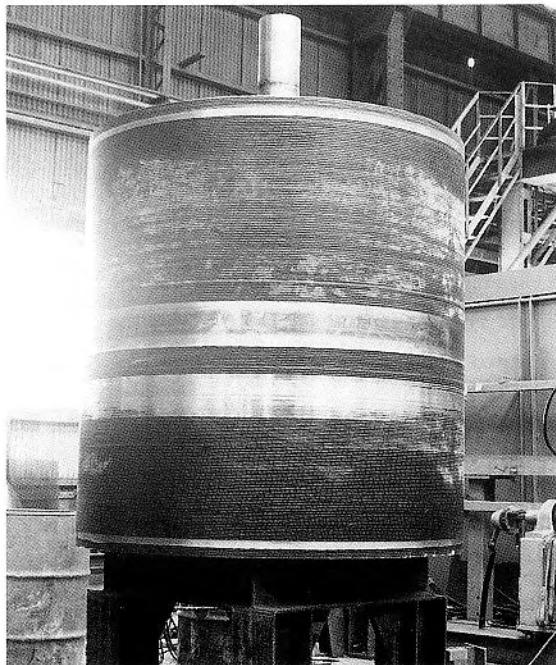


Fig. 9 View after machining of outer surface

6 まとめ

以上のようにロールシェルの内部空間に砂を充填した状態で肉盛溶接を行うので、溶接時の熱応力によるロールシェルの変形は阻止され、従来の鋼製リブで変形防止をしていた時と比べ、著しくその効果は大であった。また充填す

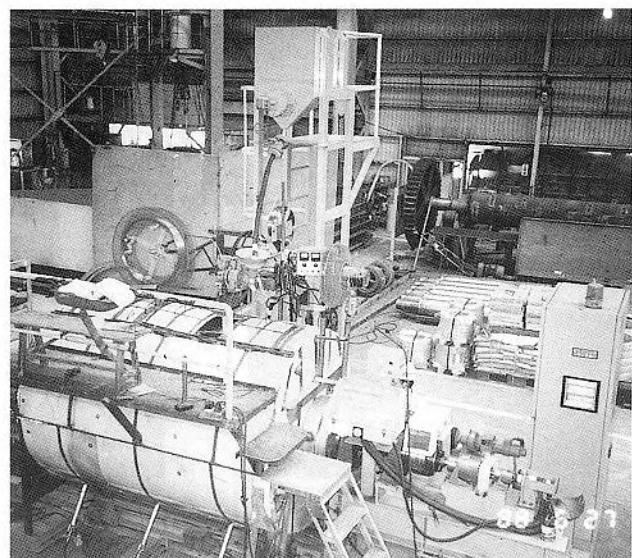


Fig. 8 Welding

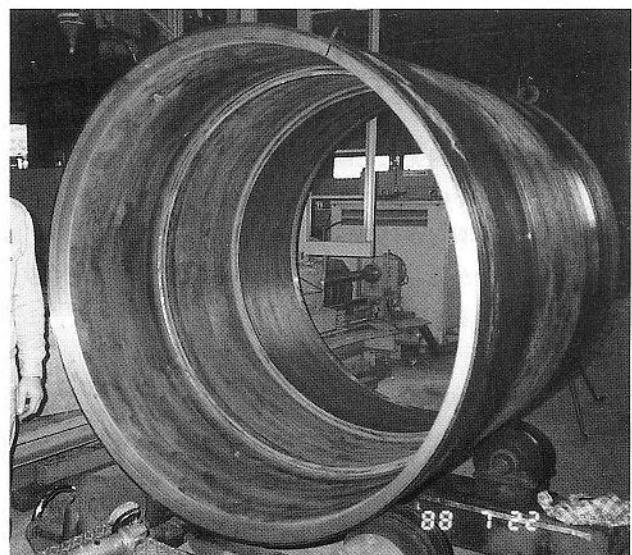


Fig. 10 View of shell after sand removing

る砂の出し入れは簡単であり、かつ再利用が図れるため作業工程が簡素化され、低コスト化が図れた。以下に箇条書きでその効果を述べる。

- (1) 溶接時の余盛り量が減少できる。
- (2) 長手方向での肉盛厚みのバラツキが少ない。
- (3) リブ材の取り付け、取り外しの煩雑な手間が省ける。
- (4) リブ材費も不要となる。
- (5) 母材パイプの肉厚を減少することが可能となり、各種設計にも対応出来る。

技術論文

高炭素高合金材料の炭化物モーフォロジ

Morphology of Carbides in High C-High alloyed Metals



CPC技術開発室

坂本 真一

Shin-ichi Sakamoto

CPC技術開発室長

齊藤 弘道

Hiromichi Saito

久留米工業高等専門学校研究員 久留米工業高等専門学校教授

武宏強

Hong-qiang Wu

松原 安宏

Yasuhiro Matsubara

要 旨

(株)フジコーにおいて、C. P. C法によるロール、ローラに使用されている高クロム系鉄（13Cr-V系）および高炭素ハイス材（5M系）の炭化物の形状、並びに、化学組成との相互関係を、新たに開発した深腐食法によって調査、分析した。

その結果、生成しているMC、 M_7C_3 、および M_2C の立体的形態（モーフォロジ）と合金含有量が明らかになった。特に、MCの形態が、立体的に彎曲した片状の連続体であること等の新たな知見が得られた。これらの炭化物モーフォロジが、ロール、ローラの材質特性にとって極めて重要であることが明らかになった。

Synopsis :

The shapes of carbides and their interrelation with the chemical composition of the high chrome cast iron (13Cr-V system) and high carbon high speed steel (5M system) which has been used for the rolls and rollers by C. P. C in FUJICO Co. Ltd., were investigated and analyzed by the deep etching method developed newly.

As the results, the three-dimensional shapes (morphology) of MC, M_7C_3 and M_2C , which were formed, and the alloy contents became clear. In particular, the new knowledge that the shape of MC is the flaky continuum which bent three-dimensionally and others were obtained. It was clarified that these carbide morphology is extremely important for the material quality characteristics of rolls and rollers.

1 緒 言

(株)フジコーは、創業以来、鉄鋼用圧延ロール、ローラの製造技術開発に取組み、多くのクラッドロール製造法を開発してきた。中でも、(株)フジコーが創出した連続注入クラッド法（以下C. P. Cと略す）は、高炭素高合金材と普通鋼によるクラッドロール、ローラを容易に製造することができる。¹⁾

一方、近年、鋼鉄用圧延ロール、ローラは、高負荷化、高速化に伴なう高性能化が要求され、(株)フジコーは、上記C. P. C法を用いることによって、従来の鋳造品、溶接肉盛品に比べ、材質特性を飛躍的に向上した、ロール、ロ

ーラを供給している。

これらのロール、ローラに使用する材料は、高クロム系鉄、および多合金系白鉄（高炭素ハイス材）であり、いずれも、多種類の合金元素を含有する工具鋼系材料である。この系統の材料においては、凝固時に、初晶および共晶の炭化物（MC、 M_2C 、 M_7C_3 ）が形成されるのが特徴で、これらの量、分布、形態によって、材質特性がほぼ決定される。

そこで、今回、著者ら²⁾によって考案された手法を応用し、(株)フジコーのC. P. C商品の主要材料である13Cr-V系高クロム鉄（FKC-303系）および、最近、特に注目

を浴びている高炭素ハイス材 (FKC-701系) について、炭化物の形態 (モーフォロジ) および組成を調査、分析した。

その結果、従来の平面的なミクロ組織観察では分らなかった各種炭化物の形状、および化学組成との相互関係等の新たな知見が得られたので報告する。

2 調査方法

2.1 供試材

供試材の成分系は、(株)フジコーのロール、ローラ材から選定した。

Table 1 Chemical compositions of alloys tested

(mass %)

No.	Material	Alloy	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Others
1	High chromium alloy	FKC303	1.75	1.25	0.75	13.0	—	5.5	—	—
2		FKC303H/Cr	1.75	1.25	0.75	17.0	—	5.5	—	—
3		FKC303HT	1.25	1.25	0.75	13.0	0.5	4.0	—	—
4		FKC303THT	0.95	1.25	0.75	13.0	0.5	3.4	—	—
5	High speed steel	FKC701	2.20	0.4	0.4	5.0	5.0	5.0	5.0	—
6		FKC713	1.20	0.4	0.4	5.0	7.0	5.0	5.0	10.0
7		FKC712	1.00	0.4	0.4	5.0	5.0	5.0	5.0	10.0
8		FKC711	0.80	0.4	0.4	5.0	5.0	5.0	5.0	15.0

Table 1 に成分値を示す。これらの成分系の材料で、C. P. C 法により、φ300 の試験材を作製し、焼ならし、焼もどし処理を行なったものから、中 15~20×10 の供試材を切り出し、調査および定量分析などを行なった。

2.2 炭化物モーフォロジの調査方法

上記供試材を研磨し、Table 2 に示す条件で腐食し、マトリックスを溶出させることによって、晶出している炭化物を立体的に観察できるようにした。装置の外観を Fig. 1 に示す。供試材を走査型電顕により ×500~×2400 の倍率でミクロ組織観察すると共に、各炭化物の合金含有量を定量分析した。

Table 2 Etching condition

Etchant	FeCl ₃ -HCl-HNO ₃ -Alcohol solution
Etching time	10~60min

3 調査結果および考察

3.1 炭化物モーフォロジ

Table 1 に示した 8 材質中に生成している炭化物の形態を Table 3 に示す。

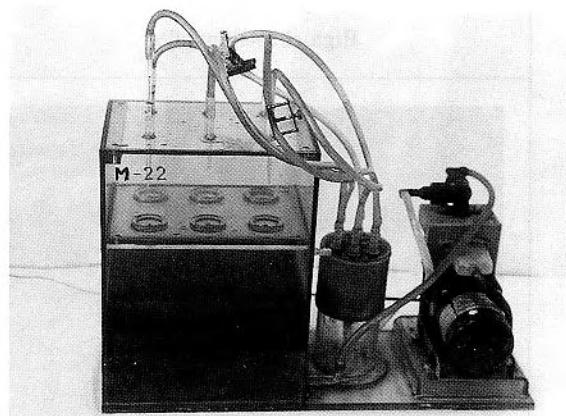


Fig. 1 View of etching apparatus

Table 3 Carbide morphology of alloys tested

	Alloy	MC	M ₇ C ₃	M ₆ C
1	FKC303	○	○	—
2	FKC303H/Cr	○	○	—
3	FKC303HT	○	○	—
4	FKC303THT	○	○	—
5	FKC701	○	—	○
6	FKC713	○	—	○
7	FKC712	○	—	○
8	FKC711	○	—	○

高クロム鉄材の炭化物は、4 材質とも MC と M₇C₃ から成っており、一方、高炭素ハイス材は MC、M₆C の混合である。ハイス材の M₆C は鋳造凝固時の M₂C が熱処理により M₆C に変化したものである。これら、炭化物の凝固から熱処理過程までの結晶構造の変化は、著者らの一人の X 線回折による同定の結果、明らかにされた事実である。

調査した 8 材質の中、主要な材質のミクロ組織、および炭化物形態を Fig. 2 および Fig. 3 に示す。これらの結果から、次のことが明らかになった。

(1) MC のモーフォロジ

高クロム系鉄材、高炭素ハイス材共に、MC は、いずれも、立体的に弯曲した片状連続体として晶出していることが明らかになった。従来、V を主体とする MC 炭化物は、粒~塊状に晶出すると言われてきたが、今回の調査により、铸造材においては、あたかも普通鉄における片状黒鉛に似た形態で晶出することが判明した。³⁾ なお、MC 量は高 C → 低 C にかけ、当然減少する。

(2) M₇C₃ および M₂C のモーフォロジ

MC と共に、高クロム系鉄材では、M₇C₃、高炭素ハイス材では、M₂C が晶出している。M₇C₃、M₂C は MC に連結する形で共晶凝固空間を埋めるように生成する。

形態は、M₇C₃ はロッド状を呈し、M₂C は高 C 材 (FKC

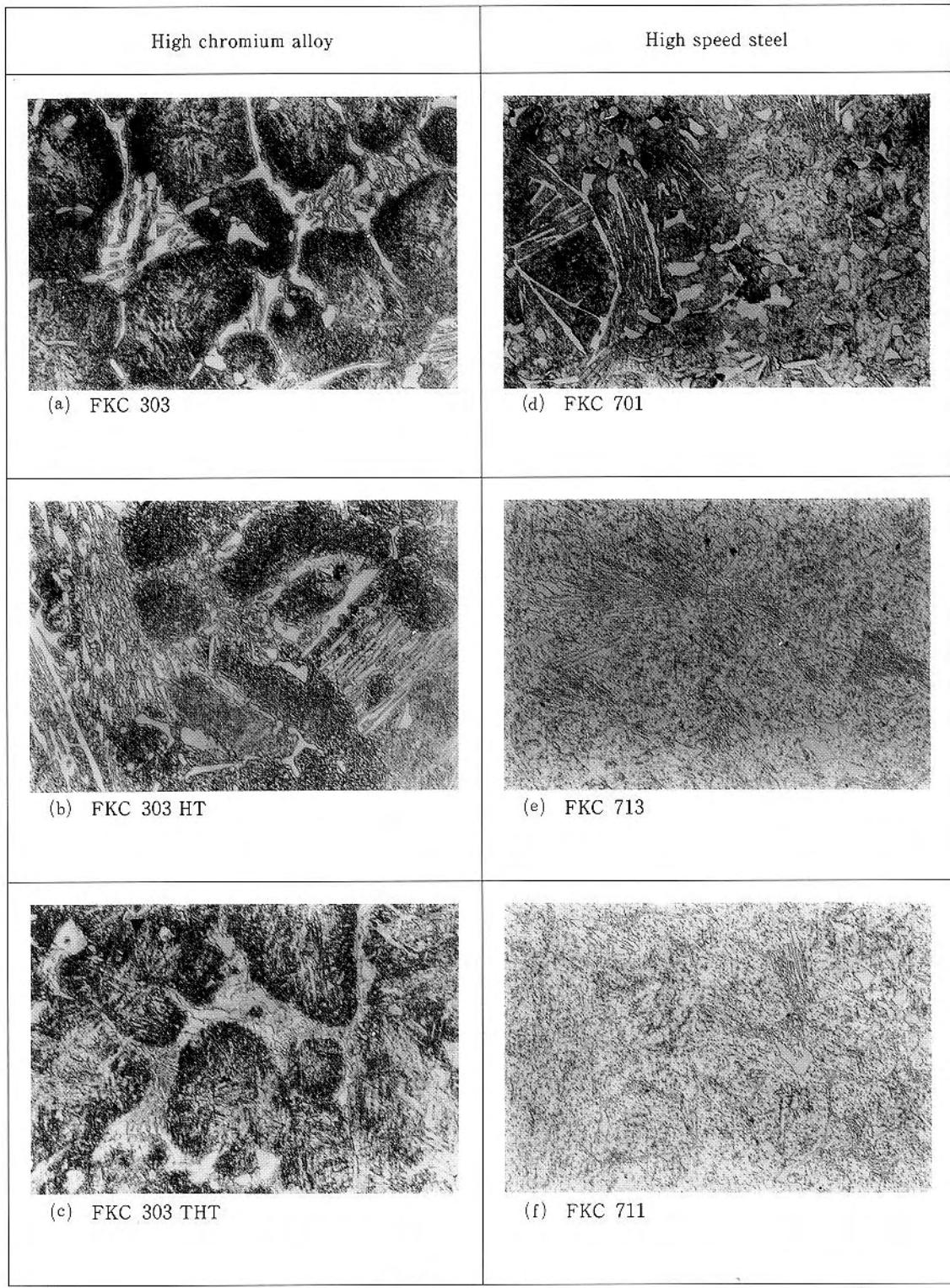


Fig. 2 Micro structure

25 μm

-701) では、タービンプレードに類似した、三次元に傾斜するプレート状として晶出し、一方、低C材 (FKC-711など) では、微細ラメラー状に晶出する。

これら、MCおよび M_7C_3 、 M_2C の晶出機構は、いずれも、 $L \rightarrow L + \gamma \rightarrow L + \gamma + MC \rightarrow L + \gamma + MC + M_2C$ (または $M_7C_3 \rightarrow \gamma + MC + M_2C$ (M_7C_3) の過程を経て凝固するものであり、一例として、高炭素ハイス材のFe—5M—C

合金の擬二元断面状態図をFig. 4 に示す。⁴⁾

今回の調査の結果、MCはかなりの断面積をもつ連続体として晶出すること、 M_7C_3 、 M_2C もMCに連結して晶出することが明らかとなり、これらの材料を、C.P.Cプロセスによるロール、ローラとして使用する場合、MCおよび、 M_7C_3 または M_2C の量、形状の制御が極めて重要であることが判明した。

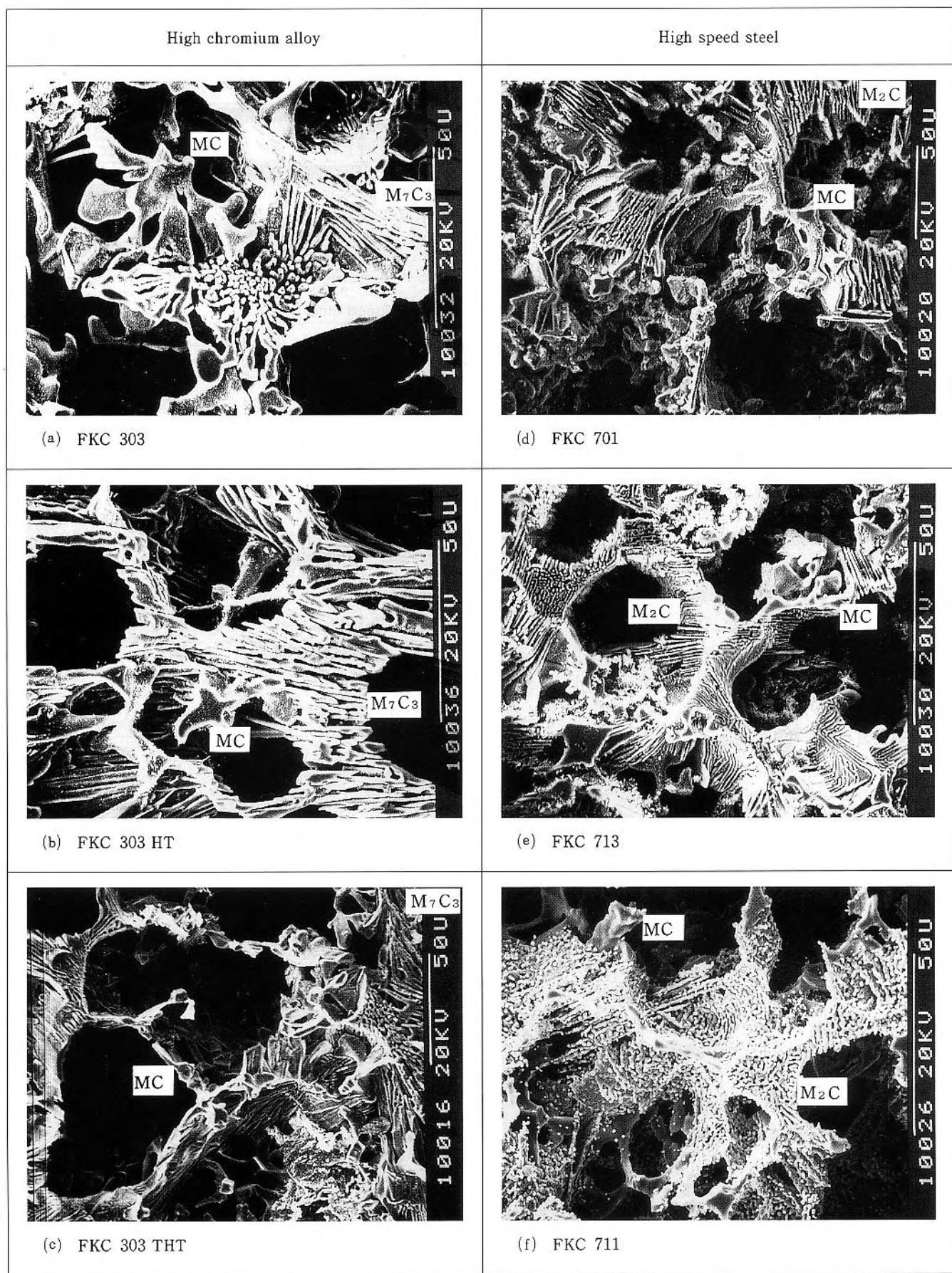


Fig. 3 Morphology of carbides

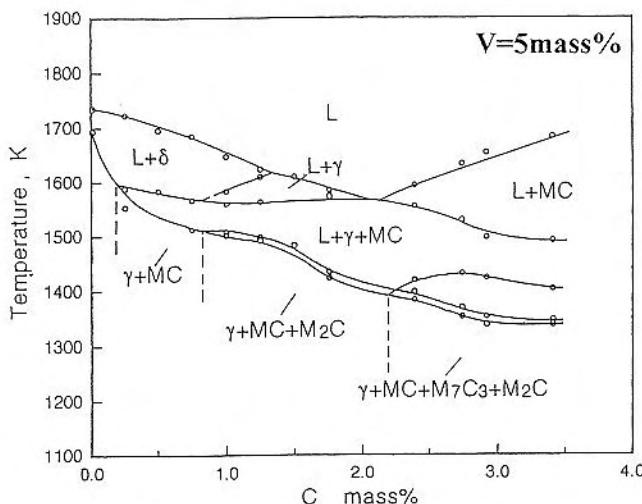


Fig. 4 Quasi-binary section phase diagrams of M-C system (M=Fe-5 Cr-5 V-5 Mo-5 W-5 Co)

3. 2 炭化物の合金含有量

供試材の各炭化物毎の合金含有量をV、Cr、Fe、Mo、Wについて分析した結果をFig. 5に示す。この結果から、次のことが明らかになった。

(1) 高クロム鉄鉄材

MC中のV含有量が80%以上、 M_7C_3 中のCr含有量が50%以上であり、とくにMC中のVは極めて高い値を示した。また、これらの値は、C量によって大きな差がないことが特徴である。(ただし、これらの材料は、実用成分系であるため、CとVのバランスを考慮して成分設定を行なっていることも、上述の要因である)。

(2) 高炭素ハイス材

MC中のVは、50%と高い値を示し、Mo、Wを相当量固溶している。この傾向は、C量によって大差ないことが注目される。

一方、 M_2C においては、各材質とも、ほぼ一定量のMo、Wを固溶しているが、Cが減少するに従い、Vは減少し、Feは増大する傾向がある。

これらの状況は、Fig. 4の状態図の中で、①凝固時、 $L \rightarrow \gamma + MC$ の過程でMCが優先して晶出するため、C量によってMC晶出量は変化しても、MC中の合金含有量はほぼ一定になる。②一方、 M_2C は、最後に晶出するため、その合金元素量は、残留融液中の合金濃度に影響されるためである。

(3) 炭化物制御のための合金元素

各炭化物の組織を制御するためには、

MC……V

M_7C_3 …Cr

M_2C ……Mo、WおよびC

の制御が重要であることが判明した。炭化物の量および形態には前述のごとく、C量が大きく影響することから、これら合金元素量とC量の量的割合を適正にすることが極めて重要になる。

(a) High Chromium Alloy

Carbide Material	MC				M_7C_3			
	20	40	60	80	20	40	60	80
FKC 303	12.4	84.9	44.2	20.0	12.7	35.7		
FKC 303 HCr	12.9	84.8	52.7	18.1	2.4	29.2		
FKC 303 HT	12.6	85.0	54.9	20.6	2.4	24.5		
FKC 303 THT	77.3	20.4	51.4	12.5	2.6	28.2		

(b) High Speed Steel

Carbide Material	MC				M_2C (M_6C)			
	20	40	60	80	20	40	60	80
FKC 701	48.2	15.3	6.5		3.5	7.6	11.8	
	17.3	30.9			17.3	23.5	35.5	
FKC 713	54.1	18.3	9.6		5.5	4.9	7.9	
	12.0	29.4			12.0	23.5	34.8	
FKC 712	54.3	15.1	7.5		9.9	12.3	26.2	
	11.7	14.6			11.7	21.8	36.6	
FKC 711	52.1	9.5	6.7		5.5	5.5	27.7	
	13.6	24.1			13.6	23.3	32.0	

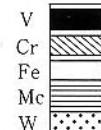


Fig. 5 Alloy concentrations of carbides

4 結論

高クロム系鉄鉄材(13Cr-V系)および高炭素ハイス材(5M系)について、新たに開発した深腐食法による炭化物モーフォロジを調査し、分析した結果、次の各項が判明した。

- (1) 高クロム系鉄鉄材はMC+ M_7C_3 、高炭素ハイスはMC+ M_2C (熱処理により、 M_6C に変化)が晶出する。
 - (2) 晶出したMCは、立体的に弯曲した片状の連続体を形成している。
 - (3) M_7C_3 および M_2C は、MCに連結する形で共晶空間を埋めて生成している。
 - (4) MCおよび M_7C_3 の合金含有量はC量にかかわらず、ほぼ一定組成である。一方、 M_2C はC量が減少するに伴ない、Vが減少し、Feが増加する。
- 以上の結果、C.P.Cプロセスによるロール、ローラを製造する場合、MCおよび M_7C_3 または M_2C の量、形態の

制御が、材質特性にとって極めて重要であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 坂本眞一、玉川進、津田篤信、森高靖彦：フジコー技報 1 (1993) p. 9
- 2) 武宏強、笹栗信也、本田義興、松原安宏：鋳物協会第122回全国講演大会講演概要集 (1993. 5) p.51
- 3) Yasuhiro MATSUBARA, Nobuya SASAGURI, Hong-qiang WU, Yoshioki HONDA, Mitsuo HASHIMOTO: 1st International Symposium on Tribology (Oct.19—23, 1993, Beijing) vol.1 p.501
- 4) 北島誠治、高田史郎：久留米工業高等専門学校卒業論文 (1994. 3)

技術論文

連続注入13Cr-5.5Vクラッド材の鍛造と機械的性質

Forgeability and Mechanical Properties of 13Cr-5.5V Clad Material by Continuous Pouring Process for Cladding.



特許管理室長

森 靖之助

Yasunosuke Mori

CPC技術開発室

木下 利哉

Toshiya Kinoshita

事業開発本部長

山本 厚生

Atsuo Yamamoto

要 旨

芯材となる固体金属表面にクラッドする溶融金属を高周波加熱によって連続的に融接する連続注入クラッド法による13Cr-5.5Vクラッド材について鍛造し、その鍛造性と機械的性質におよぼす鍛造の影響について試験した結果、13Cr-5.5V材の鍛造は可能で、しかもきわめて軽度の鍛造で顕微鏡組織が急速に改善され、それにともない機械的性質が著しく向上することを明らかにした。

Synopsis :

As for the 13 Cr-5.5V clad material made by continuous pouring process for cladding, in which cladding molten metals are heated by high frequency and continuously bonded to the solid metal surface that becomes the core, it was forged, and its forgeability and the effect that forging exerted to the mechanical properties were tested. As the results, the forging of the 13Cr-5.5V material was feasible, and it was made clear that by very light forging, the microscopic structure was improved rapidly, and accompanying it, the mechanical properties were heightened remarkably.

1 緒 言

芯材となる固体金属表面にクラッドする溶融金属を高周波加熱によって連続的に融接する連続注入クラッド法 (Continuous Pouring Process for Coadding 以下 C. P. C 法と略す¹⁾) により造られたクラッド材は必要に応じて機械加工、熱処理などを行って各種搬送、圧延のロール、ローラーとして広く使用され、その優れた性能を発揮している。

芯材と外層材の組合せはクラッド材に対する要求特性に応じて種々の材料の組合せがなされているが、通常芯材は比較的靱性、延性の高い炭素鋼、低合金鋼が主として用いられている。一方外層材はその特性として耐磨耗性が要求される場合が多く、主に中炭素ないし高炭素系で Cr、Mo、W、V 等の炭化物形成元素を合金成分として含有する低合金鋼、高合金鋼および合金鉄等が使用されるが、これらの材料は鋳造、凝固ままの状態において結晶粒界および粒

内に炭化物が分布する金属組織を呈し、芯材にくらべ本質的に低靱性となっている。しかしながら、これら外層材も熱間で塑性加工を加え凝固組織を破壊することにより強靱化し、さらに高い強靱性が要求される部材にも用途の拡大が期待される。本報では C. P. C 法によるクラッド材の強靱化手段の一つとして鍛造に着目し、当社の代表的材料である 13Cr-5.5V 材を外層としたクラッド材を鍛造し、機械的性質におよぼす鍛造効果について外層材を中心に調査するとともに熱間変形抵抗のへだたりの大きい 2 種類の材料からなるクラッド材の鍛造時の変形挙動について調査したので、その結果について報告する。

2 実験方法

主要試験工程を Fig. 1 に示す。

芯材として中実で φ280 の市販の SCM440 を用い、その周囲に C. P. C 法により Table 1 に示す化学成分組成の

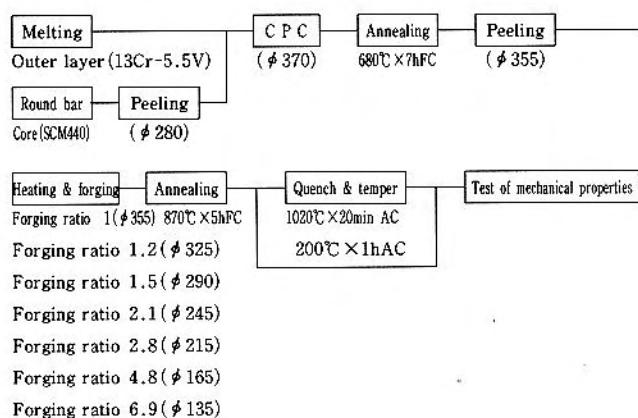


Fig. 1 Flow of forging test

Table 1 Chemical composition of outer layer (wt. %)

C	Si	Mn	Cr	V
1.75	1.21	0.73	13.10	5.68

13Cr-5.5V材の外層を形成せしめ外径φ370のクラッド材とした。さらに焼なました後皮削りによりφ355とし鍛造した。13Cr-5.5V材はその化学成分組成から変形抵抗が大きく変形能も低く熱間加工性が悪いと考えられるため、鍛造に先立ちグリーブル試験を行って熱間加工性を評価し鍛造条件を設定した。鍛錬成形比は1(鍛造なし)、1.2、1.5、2.1、2.8、4.8、6.9の7水準とし鍛錬成形比1の場合をのぞき500tプレスで熱間鍛造して丸棒とし、鍛造後870°C×5h焼なまし、1020°Cで焼入れ200°Cで焼きもどしを行った。鍛錬成形比1(鍛造なし)のものについても鍛造したものと同一熱処理を行った。

焼なまし後および焼入れ、焼もどし後の外層材の長さ方向からサンプリングし、硬さ、引張特性、衝撃特性および顕微鏡組織について調査するとともに、焼なまし後についてはさらに横断面マクロ組織観察を行い、焼入れ、焼もどし後については外層材と芯材の境界部の主要元素の分布をEPMAにより調査した。

なお鍛造前後にUT検査を行った結果、外層材と芯材の境界部に鍛造による割れ等の欠陥はみとめられなかった。

3 実験結果および考察

3. 1 熱間加工性

13Cr-5.5V材の熱間加工性をみるためにAs C. P. Cの外層材の長さ方向からサンプリングしグリーブル試験を行った。

試験結果をFig. 2に示す。歪速度が小さいほど変形抵抗が小さく変形能の指標となる絞りが大きく、また試験温度が低いほど変形抵抗が大きく絞りが低下する傾向がみとめられる。しかしながら絞りの最も大きいところでもなお

50%以下で変形抵抗もかなり高い水準にあり、13Cr-5.5V材の熱間加工性は悪く、鍛造しにくい材料であることがわかる。

グリーブル試験結果から鍛造条件として加熱抽出温度を1130°Cとし、鍛造下限温度としては1000°C以上がのぞましいが、鍛造作業上の制約もあり900°Cとした。

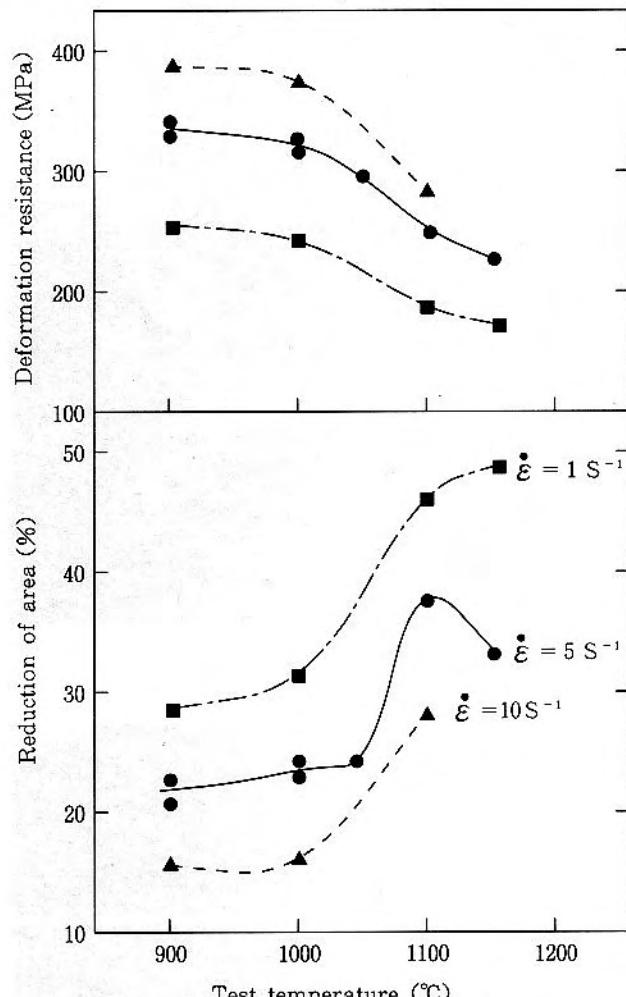


Fig. 2 Hot workability of 13Cr-5.5V material

3. 2 鍛造作業と鍛造材の性状

鍛造は500tプレスで平金敷を用い、外層材の熱間加工性が悪いことおよび外層材と芯材の境界の真円度の確保を考慮し、1回プレスする毎に少しづつ回転させながら1回のころし量を径で15~20mm程度と小さくし鍛造を行った。鍛造作業中の状況をFig. 3に示す。

鍛造が進むにつれて両端部から芯材が突き出してきて少くとも端部では外層材にくらべ変形抵抗の小さい芯材が大きい塑性変形を受けていることを示唆している。鍛造後の代表的な外観状況をFig. 4に示した。

鍛造後の表面状況は円周方向に軽度の割れがみられるものもあったが、鍛造条件をさらに適正化することにより13Cr-5.5V材の鍛造は十分可能と推察される。

Fig. 5は鍛造後の断面寸法変化から外層材と芯材をあわせた全鍛錬成形比と外層材のみの鍛錬成形比および芯材

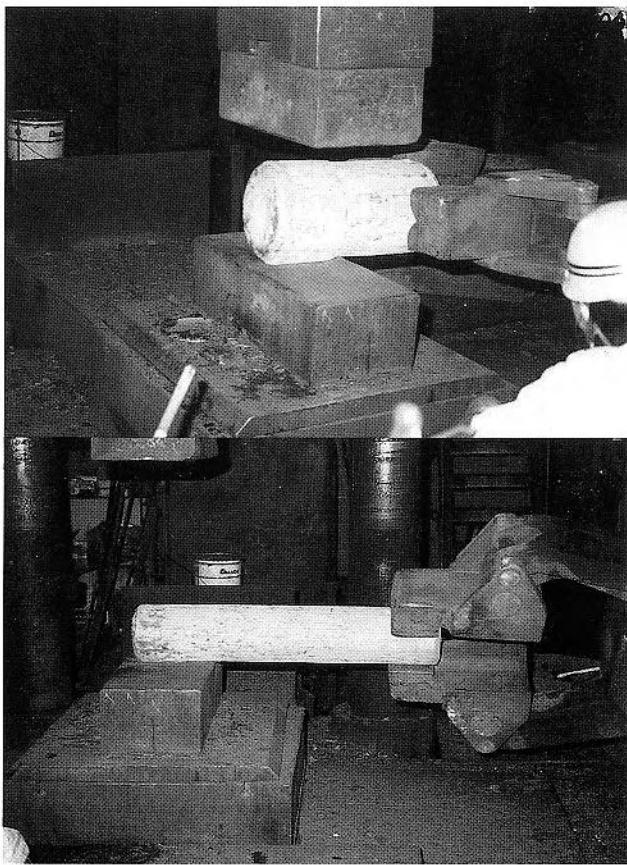


Fig. 3 Forging works of cladding material

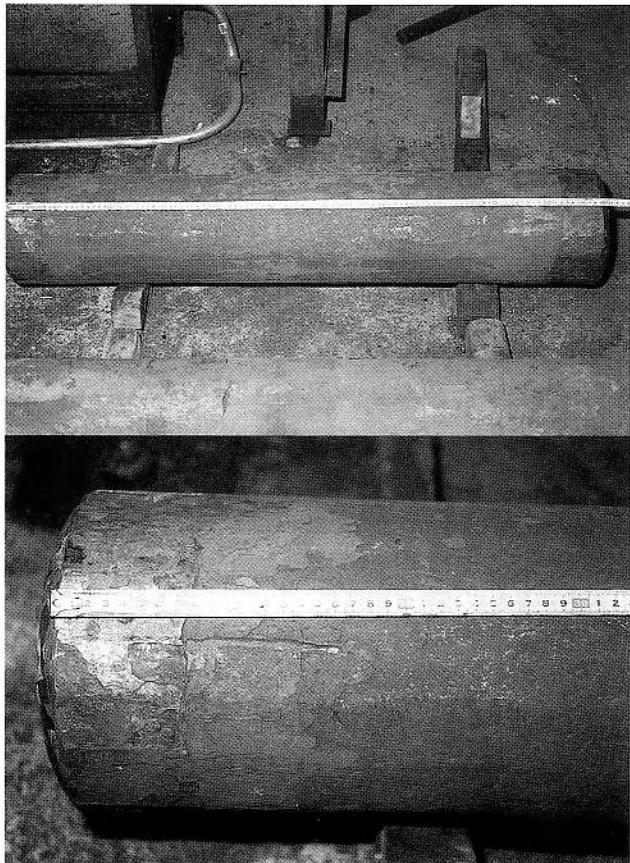


Fig. 4 View of forged cladding bar
Forging ratio 2.8

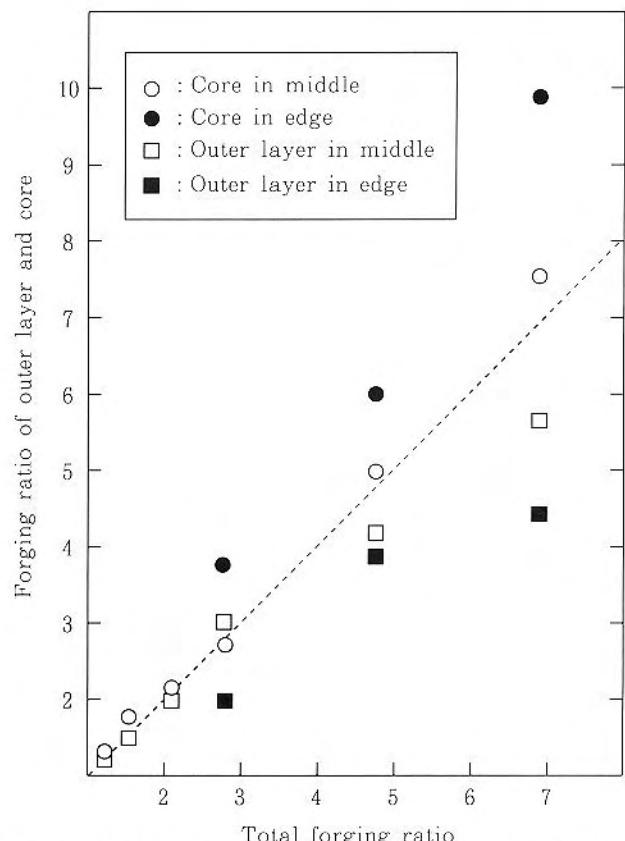


Fig. 5 Relation between total forging ratio and forging ratio of outer layer and core

のみの鍛錬成形比との関係を示したもので、鍛造時の断面減少は芯材にくらべ変形抵抗の大きい外層材の断面減少が小さく、鍛錬成形比が大きくなるほどその傾向が大きくなる。長さ方向の部位別にみると中央部寄りでは外層材と芯材の断面減少率の差は小さいが、端部寄りでは端面から変形抵抗の小さい芯材が突き出し易いためその差が大きい。

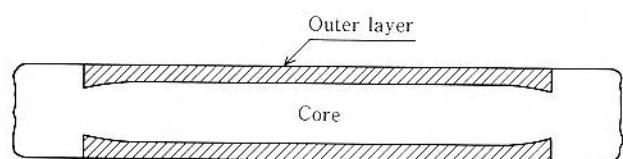


Fig. 6 Schematic figure of longitudinal section in forged cladding bar

Fig. 6 はこの様子を縦断面について模式的に示したもので、鍛錬成形比によても異なるが端部から100~250mmまでの範囲で鍛錬成形比が非定常になっている。

Fig. 7 に代表的な横断面のマクロ組織を示す。外層材と芯材の境界部に割れなどの欠陥は全くみとめられず良好な境界性状を呈しているが、境界の真円度は必しも良好とはいへ難い。境界の真円度は丸タップの使用など鍛造方法の工夫でかなり改善されるものと推察される。

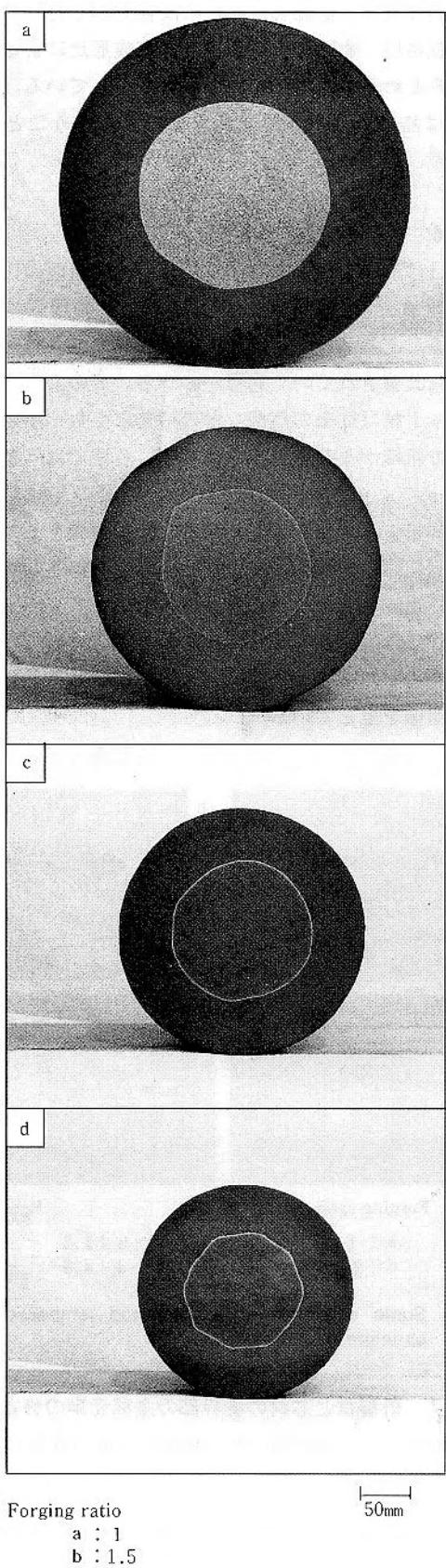


Fig. 7 Some examples of macro-structure in transverse section

3. 3 引張特性

Fig. 8 は鍛成形比と引張強さおよび伸びの関係を示したもので、鍛成形比が大きくなるにしたがって焼なましま、および焼入れ、焼もどし後のいずれにおいても引張強さ、伸びが著しく向上している。引張強さ、伸びの増大は鍛成形比の小さいところで大きく、鍛成形比2.1以上では一定となる。この上昇は後に述べるようにC.P.C法によるクラッド材は軽度の鍛造により組織が急激に改善されることに起因している。

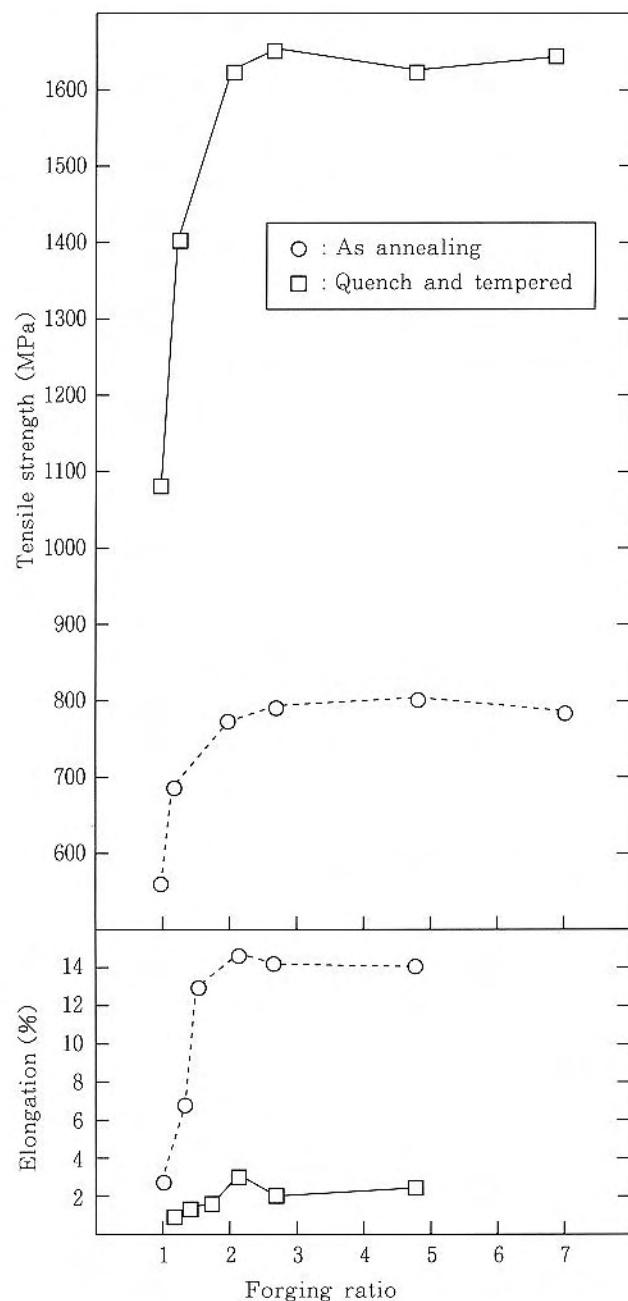


Fig. 8 Relation between forging ratio and tensile properties of outer layer

3.4 衝撃特性

鍛錬成形比と衝撃値の関係をFig. 9に示す。

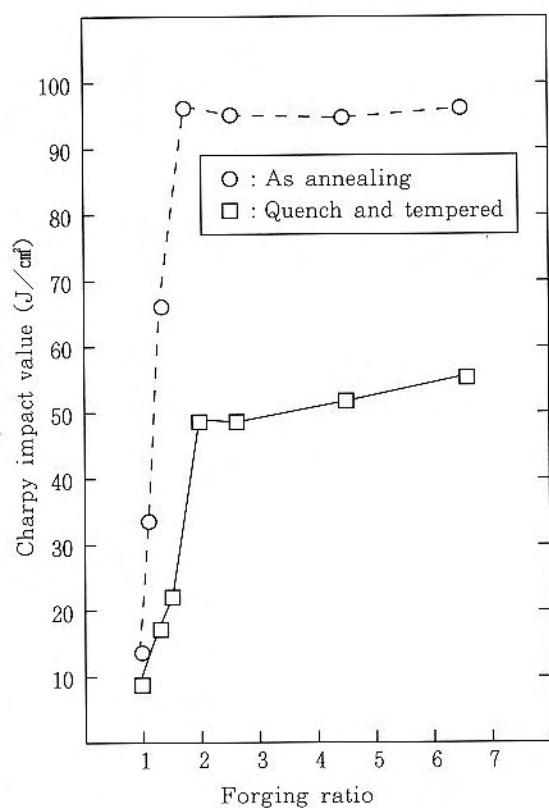


Fig. 9 Relation between forging ratio and Charpy impact value of outer layer

衝撃特性についても引張特性と同様に鍛錬成形比の増加にともない衝撃値は大きくなり、鍛錬成形比の小さいところでの上昇が大きい。

3.5 硬さ

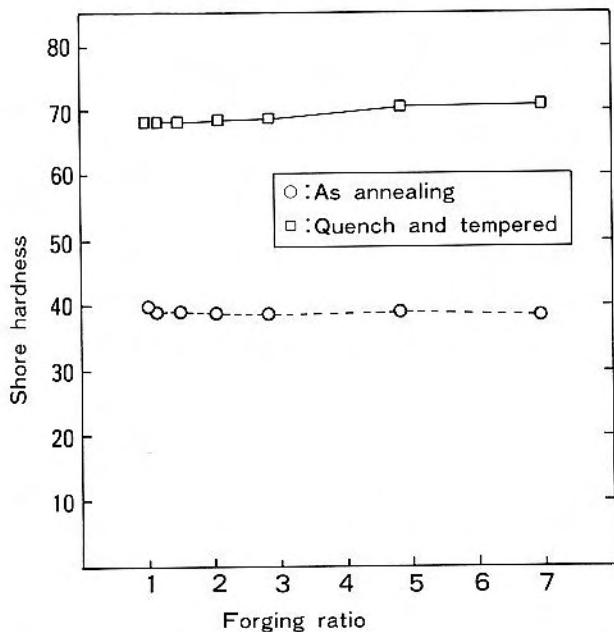


Fig. 10 Relation between forging ratio and hardness of outer layer

Fig. 10は硬さと鍛錬成形比との関係を示したもので、硬さは引張特性、衝撃特性と異なり鍛錬成形比による大きな変化はみとめられずほど一定の硬さを示している。すなわち硬さは熱処理によってほどきまってしまうことがわかる。

3.6 顕微鏡組織

Fig. 11は鍛錬成形比の異なる外層材の縦断面の代表的な顕微鏡組織を示したもので、As C. P. Cの状態でネット状に発達した共晶炭化物が鍛造により破壊され均一分散化し急速に改善されていく過程がわかる。このようにC. P. Cクラッド材は従来の鋼塊などの鍛造にくらべ小さい鍛錬成形比で組織が改善されるのはC. P. C法では外層が水冷モールドにより急冷されると同時に低温の芯材からの抜熱、冷却により急速に凝固し緻密な凝固組織をしているため、凝固組織の破壊均一化がきわめて小さい熱間塑性加工によって達成されるためと推察される。

Fig. 12は外層材と芯材の境界部および芯材の代表的顕微鏡組織を示したもので、境界部も特に異常はみとめられず健全な組織を呈している。

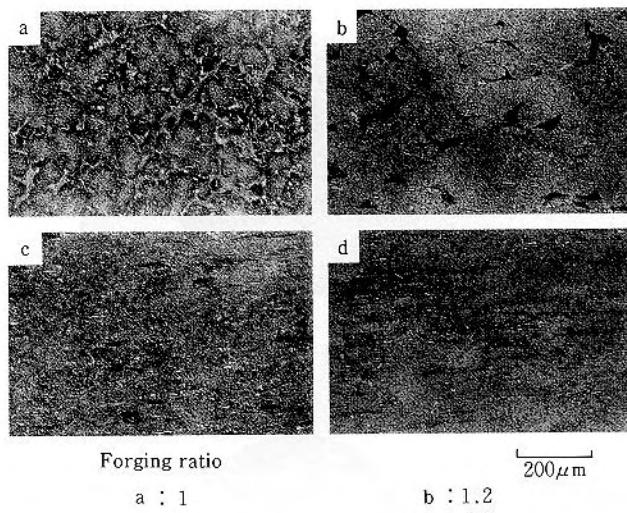
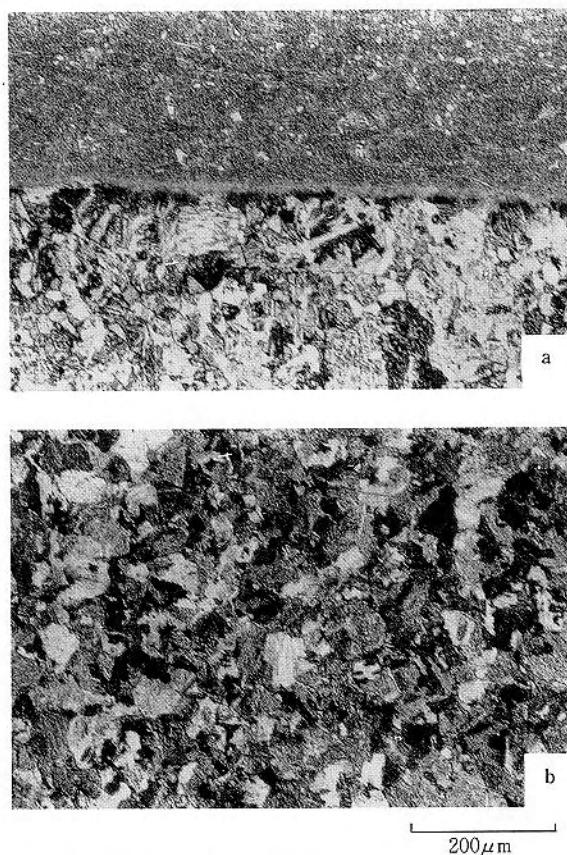


Fig. 11 Some examples of quench and tempered micro-structure of outer layer

3.7 外層材と芯材の境界部の主要元素の分布

外層材と芯材の境界部のC, CrおよびVの分布についてEPMAの線分析により調査した結果をFig. 13に示す。

芯材から外層材にわたって成分濃度の変化する境界部の遷移領域は約40 μmで、さらに境界から離れた領域では芯材および外層材のそれぞれの化学成分組成に応じた均一な成分分布を呈している。この遷移域はAs C. P. Cにおける従来結果30~200 μmと略同一水準にある。



a : Boundary (Forging ratio 2.1)

b : Core (Forging ratio 2.1)

Fig. 12 Microstructure of core and boundary

4 結 言

C. P. C 法によるクラッド材の強靭化をはかるため 13Cr-5.5V クラッド材を熱間鍛造し、鍛造時の変形挙動と機械的性質におよぼす鍛造の効果について試験し以下の結果を得た。

(1) C. P. C 法による 13Cr-5.5V クラッド材の鍛造は十分可能で、鍛造時の断面減少は芯材にくらべ変形抵抗の大きい外層材の断面減少が小さく鍛造成形比が大きくなるほどその傾向が顕著である。また鍛造材の両端部では芯材が端面から突き出しやすいため、中央部にくらべ外層材の断面減少がより小さく芯材の断面減少がより大きくなる。

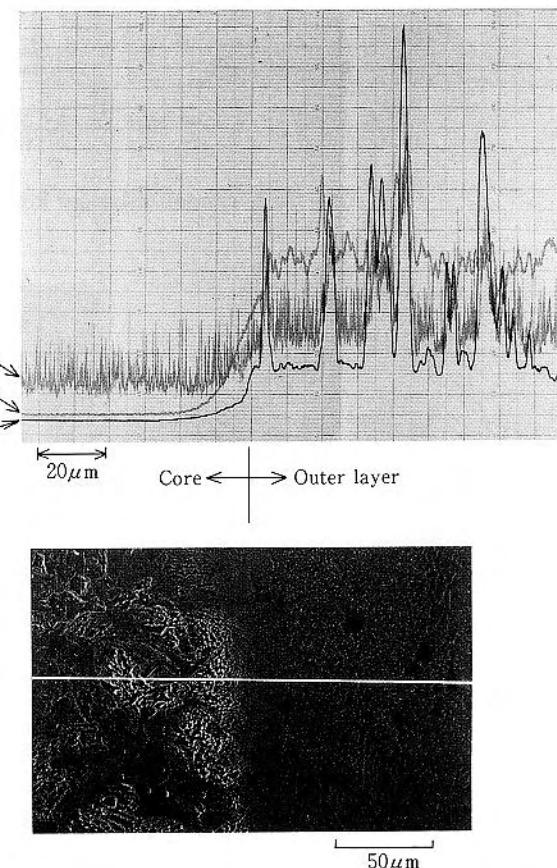


Fig. 13 C, Cr and V distribution in boundary

(2) 外層材の機械的性質は強度、延性とも鍛造成形比の增加にともない急激に向上し鍛造成形比 2.1 以上では一定となり、きわめて軽度の鍛造で機械的性質が改善される。

(3) また金属組織的には鍛造により共晶炭化物の破壊、均一化などの組織改善が急速に進む。C. P. C 法によるクラッド材は鋳造時に水冷モールドからの強い冷却により急速に凝固するため鋳造組織が微細で軽度の鍛造組織が破壊され、炭化物の均一化など組織改善にともない機械的性質が向上するものと推察される。

参考文献

- 坂本眞一、玉川進、津田篤信、森高靖彦、山本厚生、フジコー技報 1 (1993) 9

技術論文

連続注入クラッド法によるルーパーローラの開発

Development of Looper Rollers by Continuous Pouring Process for Cladding



CPC技術開発室

坂本 真一

Shin-ichi Sakamoto

海外事業部長

津田 篤信

Atsunobu Tsuda

要 旨

熱延ラインのランナウトテーブルローラ、コイラーローラなどの各種のロール、ローラの製造法に、弊社が開発した連続注入クラッド法（以下 C. P. C 法と称す）が広く採用されている。仕上圧延機間のルーパーローラには、従来、遠心铸造法、溶接、溶射などの硬化肉盛法が適用されていたが、C. P. C 法を適用し、使用特性においてすぐれ、耐用の延長がはかれることが確認された。

Synopsis :

For the method of manufacturing various rolls and rollers, such as runout table rollers and coiler rollers in hot rolling lines, the continuous pouring process for cladding (hereinafter, called C. P. C process) developed by this company has been adopted widely. For the looper rollers between finishing rolling machines, hardening cladding processes by centrifugal casting process, welding, thermal spraying and others have been applied so far, but it was confirmed that by applying the C. P. C process, the characteristics for use are superior, and the extension of service life can be planned.

1 緒 言

仕上圧延機の各スタンド間ルーパーローラには、板との接触および加熱、冷却による各種の損傷が発生する。また、通板状態を安定にするために、摩耗の均一性が要求される。

弊社では、C. P. C 法による圧延設備部材の開発を進めているが、ビードマーク、偏摩耗の原因になる軸方向の材質不均一がなく、高硬度複合材が得られる C. P. C 法により、ルーパーローラを開発したので、その結果を報告する。

2 C. P. C 法の概要

C. P. C 法は、弊社の開発した特許の製造プロセスで、Continuous Pouring Process for Cladding を略した呼称である。C. P. C 法は近年、各製鉄所の熱延、冷延ラインのワークロールおよび、搬送ローラの製造法として注目されている。以下にその概要について説明する。

Fig. 1 に示すように、中実または、中空の芯材をモール

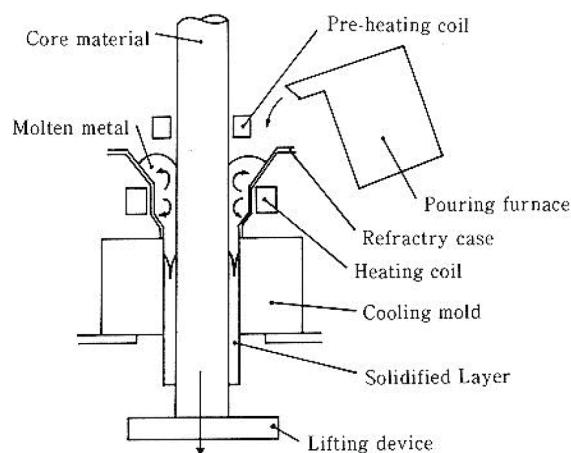


Fig. 1 Schematic diagram of C. P. C system

ドの中央にセットし、モールドと芯材の間にクラッドしようとする溶融金属を鋳込み、高周波誘導加熱により芯材に融接させながら、断続的に引き抜き複合材料を製造する。芯材の表面はあらかじめ特殊なガラスのパウダーをコーティングしておき、芯材が上部にセットしてある予熱コイルを通過する際にガラスが溶融軟化され、芯材の表面を清浄化、活性化し健全な接合部をもつクラッド層を構成することができる。C.P.C法は一層肉盛であるため、熱の集中度が極めて小さく、従来の溶接肉盛法では不可能であった材質、たとえば、過共晶などのクラッドも可能である。

C.P.C法の特長として次のようなことが挙げられる。

- (1) 指向性凝固の一層盛で、ビードマークのような特異な表面性状が出現しない。
- (2) 肉盛金属と母材との接合は、化学成分の拡散によってもたらされており、接合強度は大きく、境界から破断することなく、肉盛金属および芯材のどちらかの脆弱部で破断する。
- (3) 肉盛金属の材質が任意に選択できる。
- (4) 肉盛厚みは厚肉から薄肉まで任意に選択できる。

3 ルーパーローラの必要特性

圧延機間ルーパーローラの概要をFig. 2に示す。

(1) ルーパーローラの役割

- ①圧延材の先端が次スタンドに噛み込んだ時にできるループを取り除く。
- ②圧延材の張力変動をルーパー角度の変動として吸収する。
- ③スタンド間の材料に適切な一定の張力を与え、圧延

状態を安定させる。

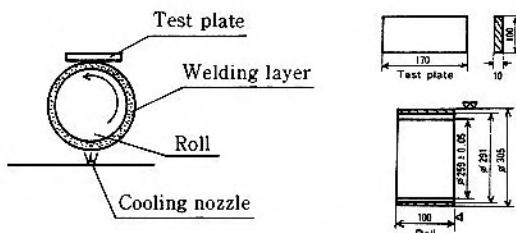
(2) ルーパーローラの必要特性

- ①耐焼付性
- ②耐摩耗性（腐食および機械的摩耗）
- ③耐熱衝撃性

4 ルーパーローラ材の材質選定

(1) 耐焼付性

ルーパーローラの使用において、圧延材に影響を及ぼす特性である耐焼付性はまず第一に考慮する必要があり、焼付シミュレーション装置によって、その特性を確認した。焼付試験の条件をFig. 3に示し、予備試験結果からクロムの比率と耐焼付性との関係を把握した。予備試験の結果をFig. 4に示す。ルーパーローラ材の候補材をTable 1に示し、焼付試験結果をFig. 5に示す。Cr-Mo-V鋼はすぐれた耐焼付性を有することが認められる。



Roll rotation	200 rpm	Test plate temperature	700°C
Water	7 ℥ / min	Test weight	10kg
Test time	1 min	Test plate material	SUS 304

Fig. 3 Method of sticking test

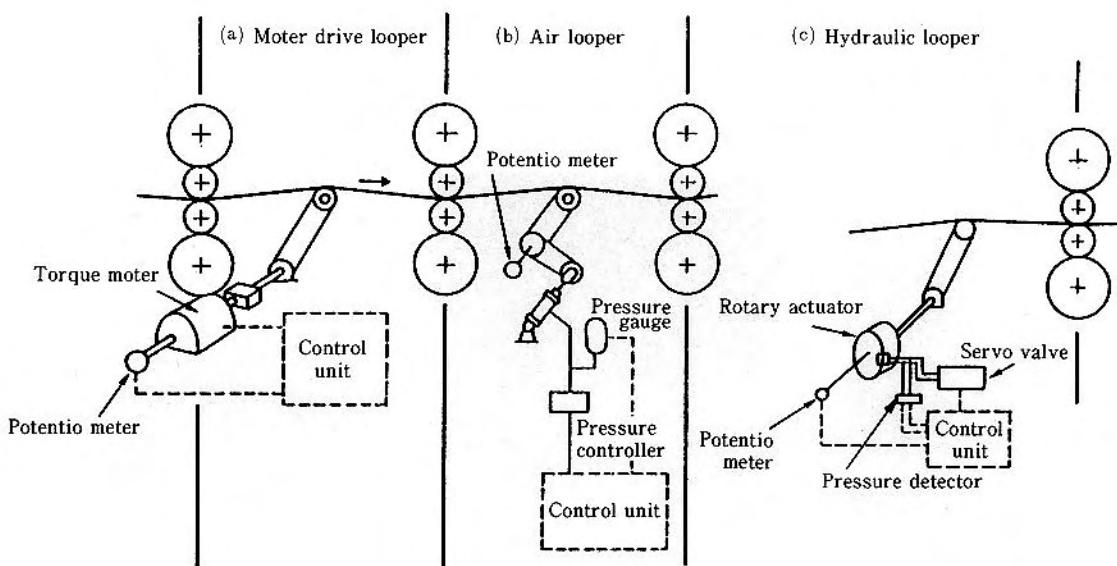


Fig. 2 Schematic view of looper

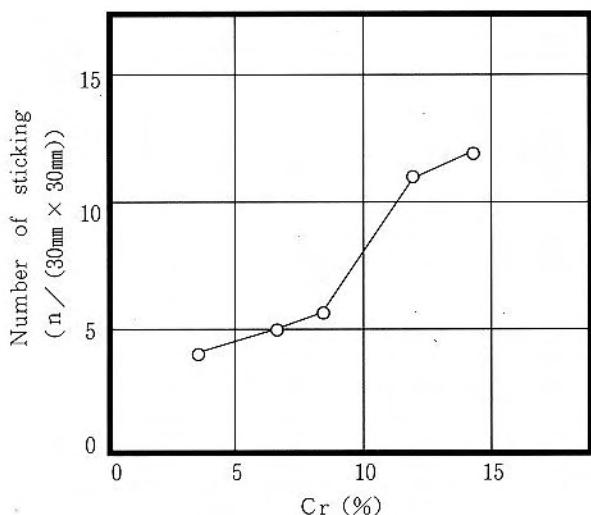


Fig. 4 Result of sticking test

Table 1 Material of sticking test specimen

Material	Chemical composition %					
	C	Cr	Mo	V	W	Co
Cr-Mo-V steel	1.3	13	0.5	5	—	—
Hard facing	0.25	13	—	—	—	—
Spraying	Co-Ni-Cr (Self-fusing alloy)					
High speed steel	2.0	4.9	7.0	7.0	6.3	—

(2) 耐摩耗性

ルーパーローラの摩耗の要因として、次のことが挙げられる。

- ①ストリップとの接触摩耗
- ②冷却水および加熱水蒸気による腐食摩耗
- ③高温雰囲気での酸化摩耗

ルーパーローラの摩耗は、腐食摩耗が支配的であり、加熱水蒸気中における鉄鋼材料中のクロムの比率と腐食量との関係、および、実ミル冷却水による腐食試験における腐

食量から、材質の選定を行なった。

鉄鋼材料中のクロムの比率と腐食量との関係を Fig. 6、実ミル冷却水による腐食試験でのクロムの比率（トータルクロムおよびマトリックスクロム）と腐食量との関係を Fig. 7 に示す。

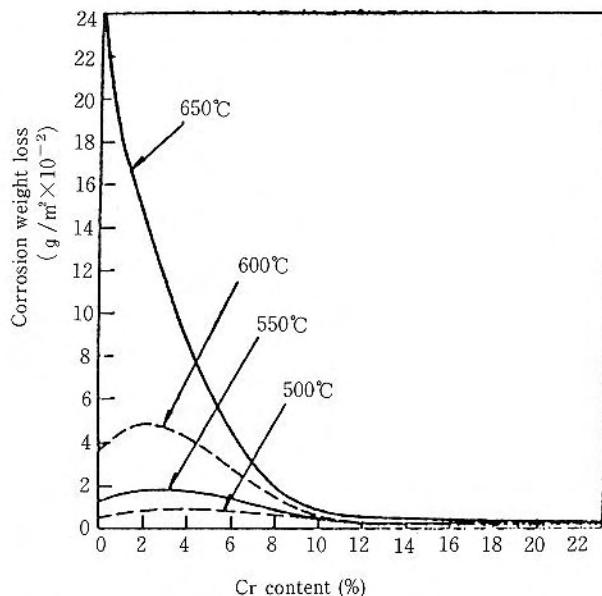


Fig. 6 Relation between Cr content and corrosion weight loss in superheated steam

両者の特性から、高耐食性で焼付の発生しにくい材質を選定し、適用したものである。

5 開発材質の特性

(1) 化学組成

Table 2 で開発材質の化学組成、熱処理特性、機械的性

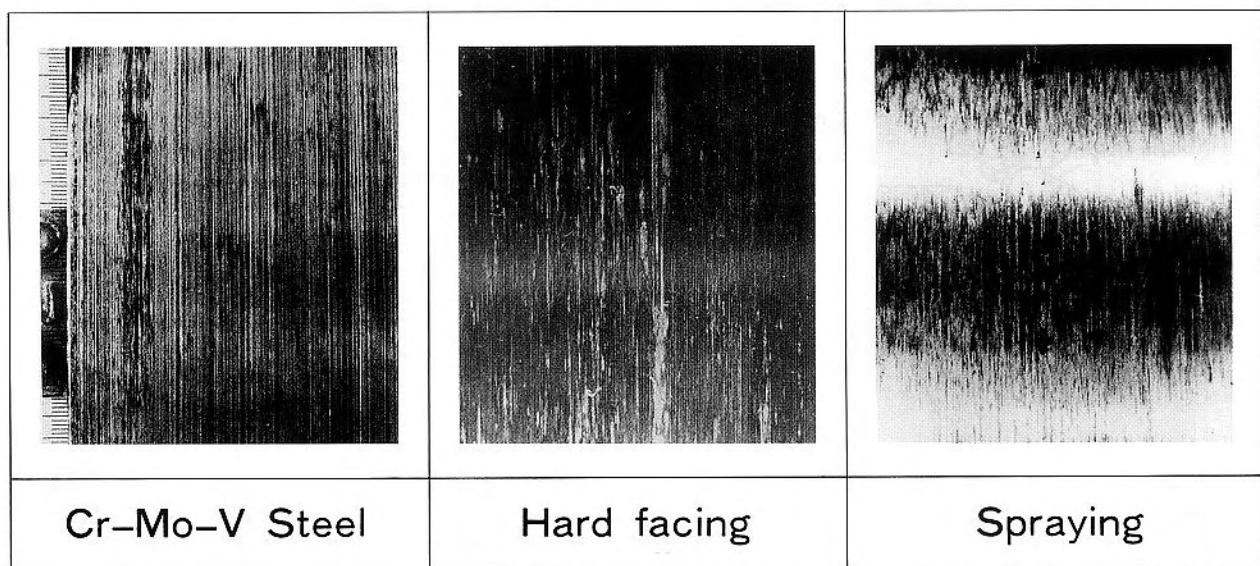


Fig. 5 Sticking of test sample

質を示す。

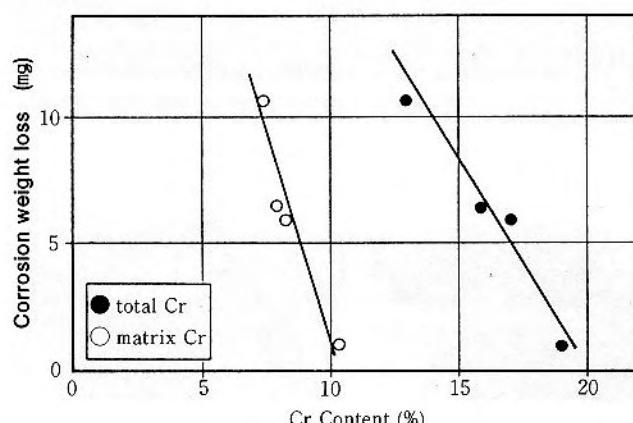
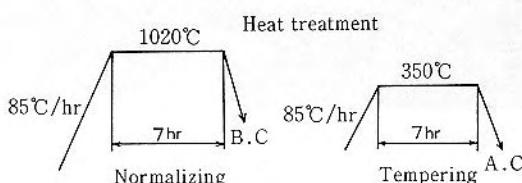


Fig. 7 Relation between Cr content and corrosion weight loss

Table 2 Chemical composition and mechanical properties of new material

Chemical composition(%)						Hardness (Hs)	Tensile strength (kgf/mm ²)
C	Si	Mn	Cr	Mo	V		
1.0	1.0	0.5	11	0.2	3.5	65	100
~1.5	~1.5	~1.0	~15	~0.8	~6.0	~75	~110



(2) 硬さ特性

製品表面から、境界までの有効範囲における硬さ分布を Fig. 8 に示す。

表面から内部までほとんど硬さの低下がなく均一である。

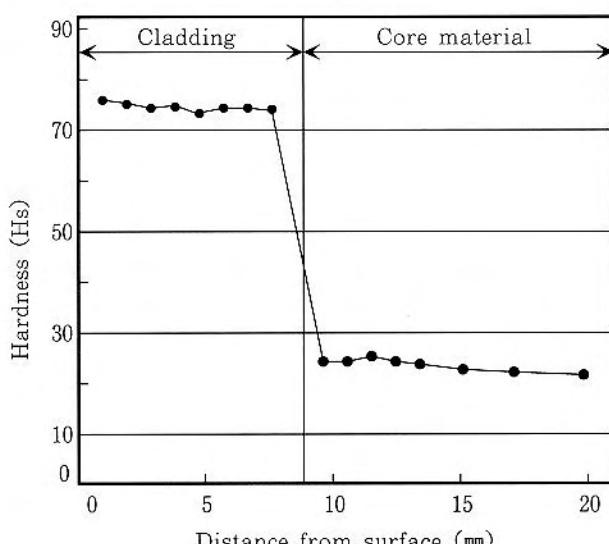


Fig. 8 Hardness penetration curve

(3) ミクロ組織

開発材の代表的なミクロ組織を Fig. 9 に示す。基地はマルテンサイトで、 M_7C_3 、MC 炭化物が観察される組織となっている。

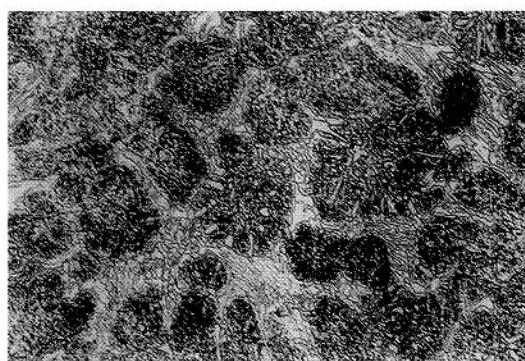


Fig. 9 Microstructure

6 開発材ローラの使用結果

ローラは、C. P. C 法により複合スリーブを製造し、ボス焼嵌溶接接合方式で製作した。

ローラの構造を従来ローラと併せて Fig. 10 に示す。

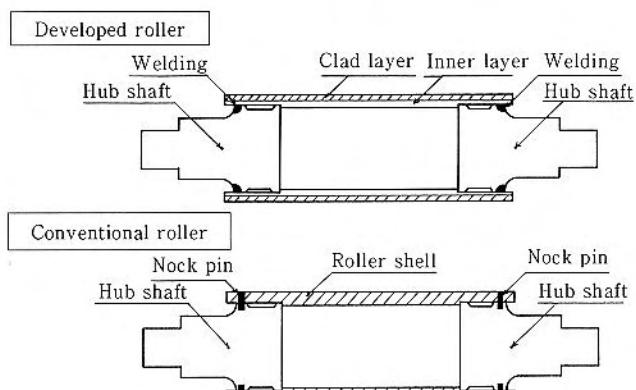


Fig. 10 Schematic diagram of roller structure

開発材ローラの耐用を、使用期間と偏摩耗、摩耗 (max.) との関係で Fig. 11 に示す。

開発ローラは、摩耗 (max.) の減少だけでなく、偏摩耗の減少が顕著であり、圧延状態の安定化がはかられた結果が得られた。

ローラの表面の状況を Fig. 12、Fig. 13 で従来ローラと比較して示す。

開発ローラは、特異な表面性状は全く認められず平滑で打疵もなく、黒鑄支配で耐焼付性においてもすぐれた状況がうかがえる。一方、従来ローラには、打疵が観察され、周方向の黒鑄損傷疵が観察される。

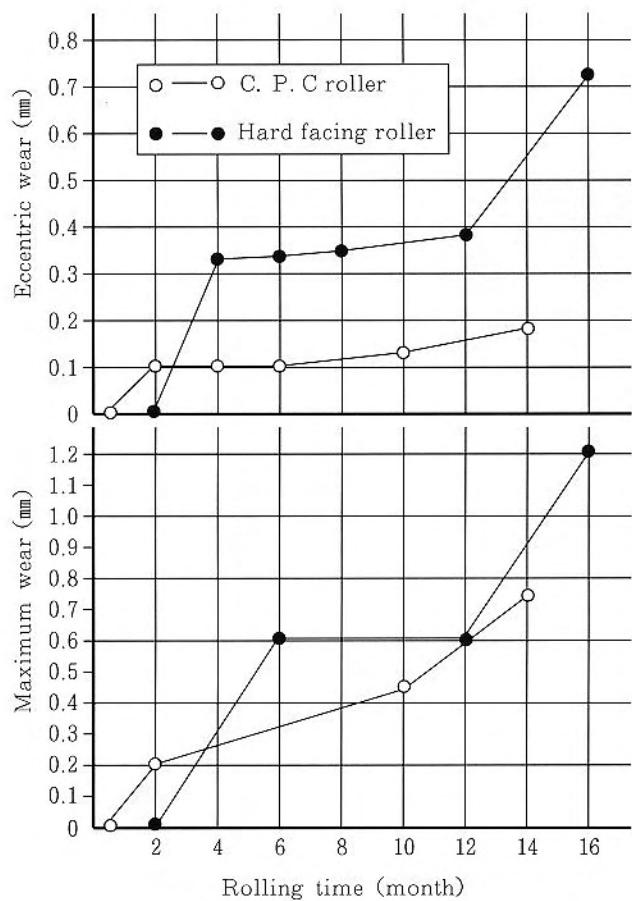


Fig. 11 Wear of looper roller

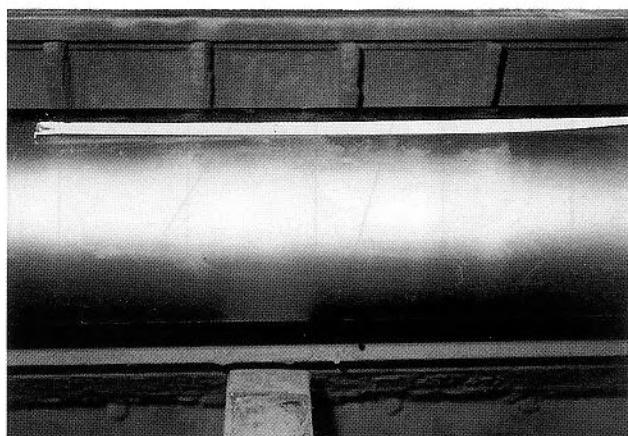


Fig. 12 Surface of developed looper roller

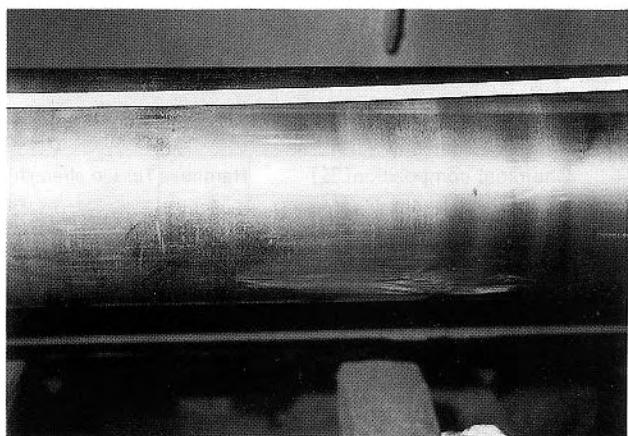


Fig. 13 Surface of conventional looper roller

7 まとめ

熱延仕上圧延機間ルーパーローラ材を開発し、C. P. C 法によってローラを製造し、実機に適用した所、特異な表面性状も観察されず、すぐれた耐用を有することが確認された。

新製品

新 技 術

石炭粉碎装置用硬化肉盛溶接ロール

1 はじめに

従来、石炭粉碎装置のロールミル用のロール等において、高クロム鉄系の鋳造品が使用されている。しかし、機械的性質（特に、靭性）との関係にて、耐摩耗性に限界がある。

そこで、鋳造品の欠点を解消すべく、耐摩耗性に優れた溶接材料F H R-A 1を開発し、この開発材料を硬化肉盛溶接ロールに適用した結果、耐用が著しく改善された。

ここでは、硬化肉盛溶接ロールの特性を紹介する。

2 特 徵

2. 1 優れた耐摩耗性

- 1) 本製品は、靭性のある S C 材に、開発溶材 F H R - A 1 を肉盛溶接することにより、非常に耐摩耗性の優れたクロム炭化物、複合炭化物を多量に析出させ、微細組織にしたものである。
 - 2) 硬化肉盛溶接部は、微細の亀甲状割れを積極的に生じさせ、内部応力を開放させたものである。
 - 3) 耐摩耗性は、従来品（高クロム鋳鉄鋳造品）に比較して、2～3倍の耐用が見込まれる。

2. 2 再生補修可能

- 1) 従来材は、使い捨てであったが、本製品は、SC材の母材をそのまま生かし、再生硬化肉盛が可能である。

2. 3 優れた経済性

- 1) 優れた耐摩耗性と再生補修可能なため、大幅な経費節減が図れる。新作の約80%の費用で、再生補修が可能である。

3 確性試驗

3. 1 化学成分及び硬さ

F H R - A 1 の化学成分及び硬さを表-1に示す。高クロム鉄鑄造品に比べ、高炭素でCrその他炭化物形成元素を多量に添加しているため、耐摩耗性に優れ、硬さも高硬度を示す。

3. 2 ミクロ組織

F H R - A 1 のミクロ組織を図-1 に示す。高クロム鉄鑄造品に比べ、クロム炭化物及び複合炭化物の析出量が多くなり、微細組織となっている。

表-1 化学成分及び硬さ

	C (%)	C r (%)	その他元素 (%)	ピッカース硬さ (H v)
F H R - A 1 品	5~6.5	20~30	5~10	900~1,100
高クロム鍛鉄鍛造品	2.5	25	—	750

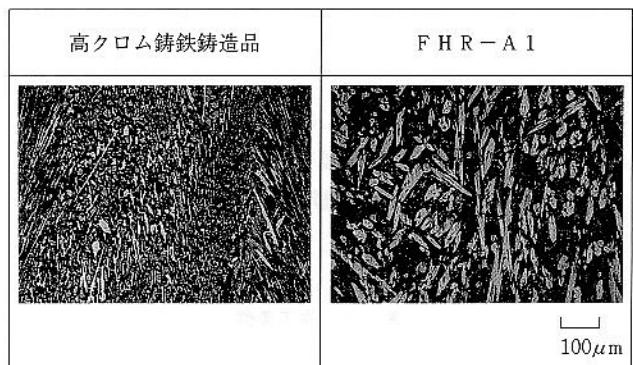


図-1 ミクロ組織

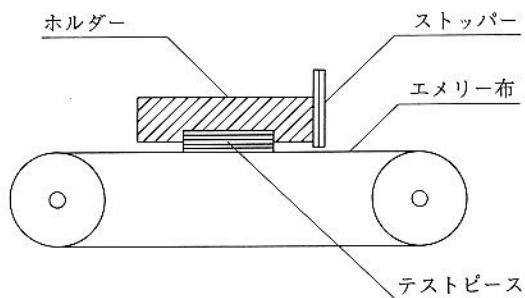
3. 3 摩耗試驗

エンドレスエメリー摩耗試験により耐摩耗特性の比較試験を行った。試験結果を表-2に示す。F H R-A 1は、高クロム鍛鉄製品に比べ約3倍、スーパー高クロム鍛鉄製品に比べ、約2倍の耐摩耗性を有している。

表-2 エンドレスエメリー摩耗試験結果

	平均摩耗減量 g	①耐用比	②耐用比
F H R - A 1	0.180	3.0	2.0
高クロム鍛鉄鍛造品	0.529	1.0	0.7
スーパー高クロム鍛鉄鍛造品	0.352	1.5	1.0

尚、摩耗試験機の概略図及び試験条件を図-2に示す。



テスト機……エンドレスエメリーワーク試験機

荷重……3100 g

周速……240m/min

ベルト粗さ……#40 (材質 Si-C)

テスト時間……2 時間

試験片サイズ……50×50mm

図-2 耐耗試験機の概略図及び試験条件

4 施工概要

硬化肉盛溶接ロールの施工概要について紹介する。施工条件を表-3に、施工概略図を図-3に示す。

使用状態に応じた硬化肉盛厚みを設計することにより、必要な耐用を確保する。

表-3 施工条件

母材準備	溶接前加工	硬化肉盛溶接	仕上げ	検査	納品
S C 材	—	肉厚 MAX 30mm 肉厚 MIN 10mm	外径部グラ インダー 内径部機械 加工	外観チェック 寸法、硬度	—

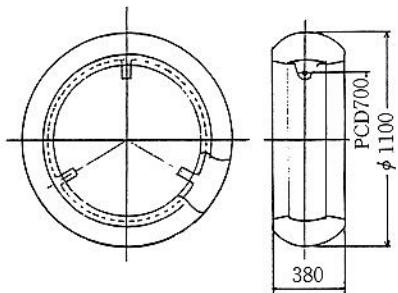
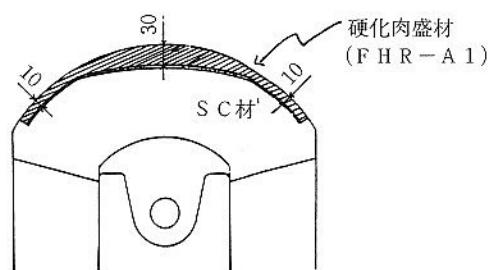


図-3 施工概略図

次に製品の写真の一例を図-4に示す。

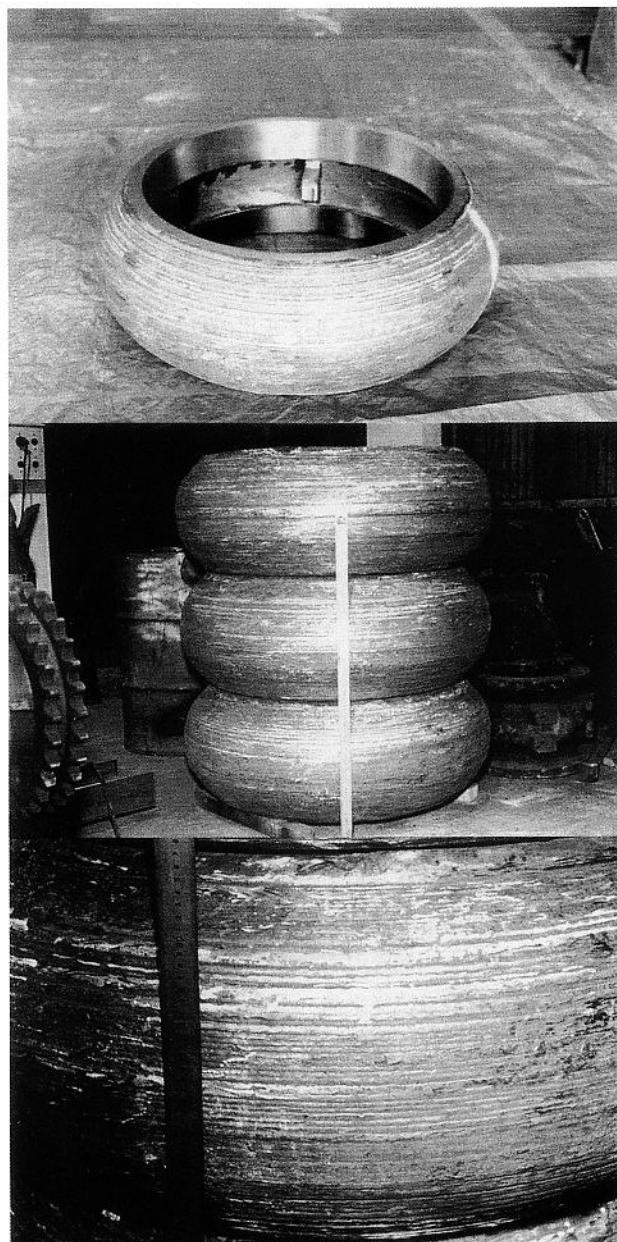


図-4 硬化肉盛溶接ロール写真 (FHR-A1)

5まとめ

以上、石炭粉砕装置用硬化肉盛溶接ロールへの適用について紹介した。今後、類似の対象品への適用が期待される。

〈問い合わせ先〉

北九州工場

T E L 093 (871) 0761 篠原 政広

新 製 品

新 技 術

S H H 300粉末ハイス耐摩耗ロール

1 緒 言

金属間摩耗に対しては、硬度が高く炭化物の量が多い程、耐摩耗性に有利である事は良く知られている。これらの要求を満足させるために、粉末ハイスが利用される。一般的にはH I Pで製造されるが、この方法ではワークの大きさに制約され、また製造コストが高い等の問題があり、大きなロールの製造は不可能であった。これらの問題を解決し、高いニーズに答えるべく開発されたのがS H H 300(スーパー・ハードハイス300)粉末ハイス耐摩耗ロールである。

用途としては製鉄所の熱延精整から冷延酸洗前に掛けての比較的低い温度域で使用されるロール、刃圧ロール(封筒の窓明け用)等に使用され、好評を得ており、今後さらに応用用途が拡大されるものと考えられる。以下にその特性を紹介する。

2 特 徴

- (1) 通常の粉末ハイスとは違い、製造上の大きさの制限がない。
- (2) 低温域での耐摩耗性に優れている。(微細な炭化物が多い)
- (3) 炭化物が微細・均一に分散している為、ロール材として最適である。

3 性 能

3. 1 耐摩耗性

耐摩耗性が向上するその秘密は、図-1に示すミクロ組織にある。非常に硬いM C炭化物(Hv: 2000以上)が微

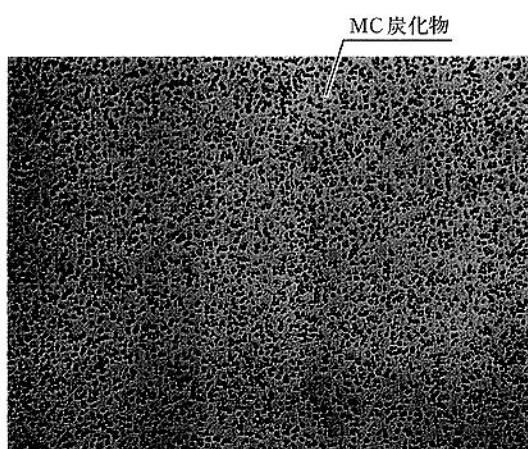


図-1 S H H 300のミクロ組織写真 $25\mu\text{m}$

細、均一に数多く分散しているのが最大の特徴であり、この炭化物により耐摩耗性が大幅に向上し、しかも微細、均一に分散している為、性能が安定しロール材として最適である。

耐摩耗性は当社開発の肉盛ハイス(F T-X 3)の3倍、S U J 2種の焼入れ品と比べ約15倍の耐用性を有している。

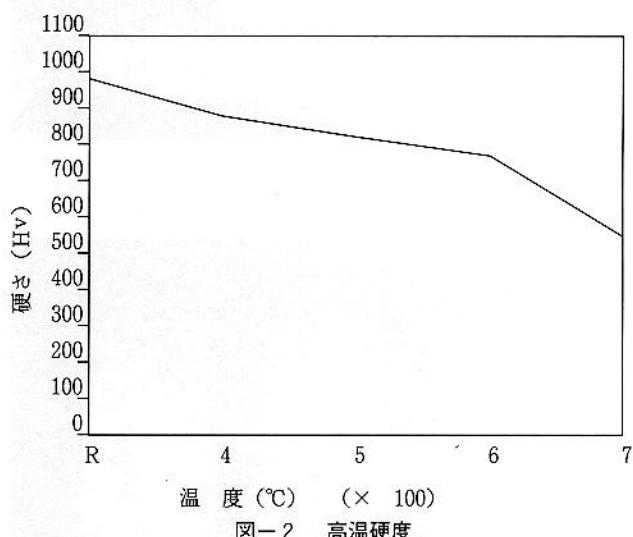
3. 2 硬 さ

3. 2. 1 常温硬さ

常温硬さは Hv 1020 できわめて高く、また安定した硬さを有している。

3. 2. 2 高温硬度

700°Cまでの高温硬度の一例を図-2に示す。



3. 3 抗折力

万能試験機を用い試験した。その結果を表-1に示す。

表-1 抗折力試験結果

抗折力(MPa)	たわみ(mm)
2238.1	1.206

試験片形状: $5^{\text{t}} \times 5^{\text{w}} \times 70^{\text{l}}$

支点間距離: 60mm

3.4 塩水噴霧試験結果

腐食減量を表-2に試験期間10日後の表面外観写真を図-3に示す。

S H H 300は低Crであるにもかかわらず均一、微細なミクロ組織を呈しているため、Cr量7%のF T-X 3と比べ大差ない耐食性を有している。

表-2 腐食減量

試料名	腐食減量(mg)	備考
S H H 300	172.4	
F T-X 3	165.1	7% Cr

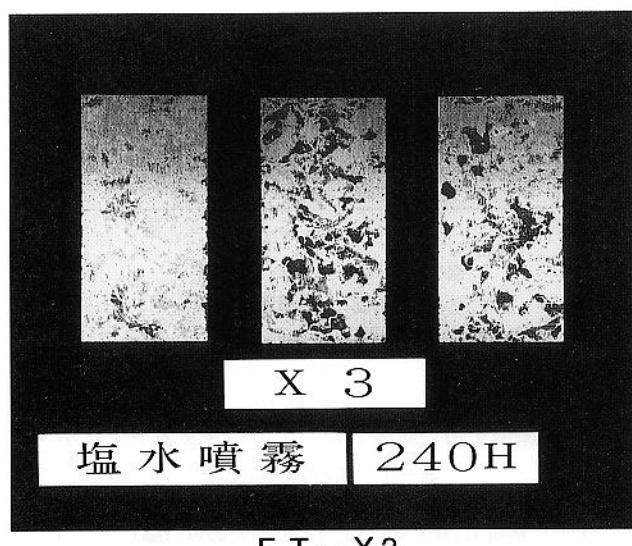


図-3 塩水噴霧試験後の表面外観写真
[240 Hr (10日間)]

4 用途

- ・プレッシャーロール
- ・レベリングロール
- ・サイドガイドロール
- ・シャー・スリッターラインの堅ロール
- ・F 1～F 7の堅ロール
- ・刃圧ロール（封筒窓開け用）
- ・その他

5 結言

近年はどの業種においても急速にリストラが行われ、設備においてはメンテナンスフリー化が進行している。当然、設備の中で重要な位置を占めているロールにおいても、長寿命化が望まれている。本ロールはこのような時代のニーズに合った商品であると期待している。

〈問い合わせ先〉

本社 溶接溶射技術開発室（北九州工場
駐在）
TEL 093 (871) 0761 吉村 武憲
宮崎 裕之

新 製 品

新 技 術

コールドストリップミル・ワークロール用C.P.Cハイスロール

1 緒 言

コールドストリップミル・ワークロールは、冷延鋼板の形状寸法、表面性状を左右し、また、ロールの耐久性が圧延作業効率に影響を与えることから、高度の耐摩耗性、耐肌荒れ性、および耐事故性（クラック、焼付き）が要求される。

従来、このロールには、高クロム鋼鍛造焼入ロールが用いられており、成分、溶解、造塊、鍛造、熱処理等、各製造工程にわたって種々の改善がなされてきている。

しかし、従来の一体造塊法による単体ロールでは、適用する成分を高合金化することは困難であり、耐久性の向上には限界があった。

C.P.Cプロセス^①を創出した当社は、ホットストリップミルロール^②、小形形鋼ロール^③等に引続き、このたび、コールドストリップミル・ワークロールの飛躍的な性能向上を狙って、このプロセスを用いたハイスロールを開発した。以下に、その製造方法、特長、および使用結果について、概要を紹介する。

2 製造方法

2.1 製造工程

図-1にC.P.Cハイスロールの製造工程を示す。高周波誘導溶解炉で溶解した肉盛材を、C.P.C装置によりクラッド铸造し、その素材を熱処理、加工して製品ロールとする。

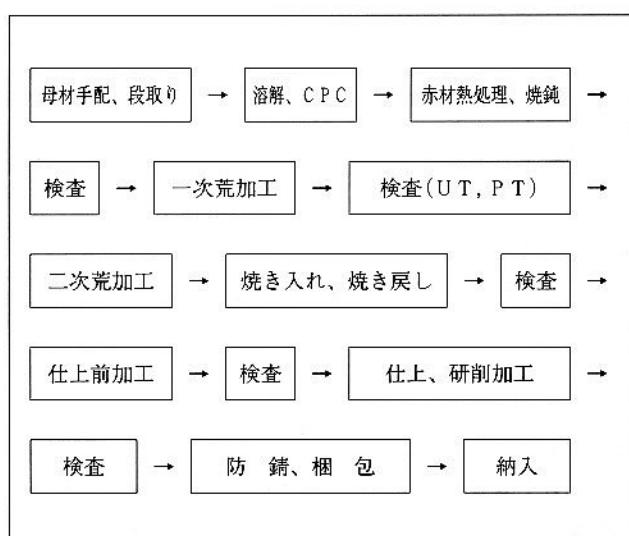


図-1 C.P.Cハイスロールの製造工程

2.2 成分組成

肉盛材の成分組成を表-1に示す。各成分値は、ロール具備特性によって設定する。

表-1 ハイスロールの肉盛材成分組成

	(mass %)					
	C	Cr	Mo	V	W	Co
FKC-704	1.6 ~2.4	3.5 ~7.0	4.5 ~8.0	4.5 ~8.0	3.5 ~7.0	<2.0
FKC-705	タ	タ	タ	タ	タ	2.0 ~11.0

また、母材（芯材）の材質は、クロムモリブデン鋼（S CM）またはニッケルクロムモリブデン鋼（SNCM系）の鍛造材を使用する。

2.3 C.P.C铸造

C.P.C铸造条件は、肉盛材の成分と並んでロールの特性を決める因子である。当社では、C.P.Cプロセス創出以来の豊富な実績をもち、下記の項目を重点管理し、素材を製造している。

①注入温度

②母材および溶湯を加熱する2つの誘導加熱コイルの投入電力量

③母材表面のコーティング剤の配合と塗布厚さ

④C.P.C時の引き抜き条件（引き抜き幅、引き抜きサイクルタイム）

これらの条件の適正化によって、肉盛材と母材の境界の完全溶着を確保し、溶込深さのバラツキを最小にして、更に、凝固組織の微細化、均一化を図っている。

2.4 热処理

肉盛材が含有するMo. V. W. Co等の多元組成の特性を最大活用するために、焼準および、2~4回の焼戻し処理を行ない、二次炭化物の析出の制御と組織の微細化、安定化を図っている。

3 製品品質

肉盛材が、多元系高合金鉄であることから、高硬さが得られ、耐摩耗性に優れており、一方、母材は鋼系であるため、耐折損性が大きい複合ロールとすることが可能。

3.1 ミクロ組織

肉盛層のミクロ組織を、図-2に示す。MC系およびM

C_6 系の微細粒状炭化物と、焼戻しマルテンサイトから成る、均一組織が得られている。

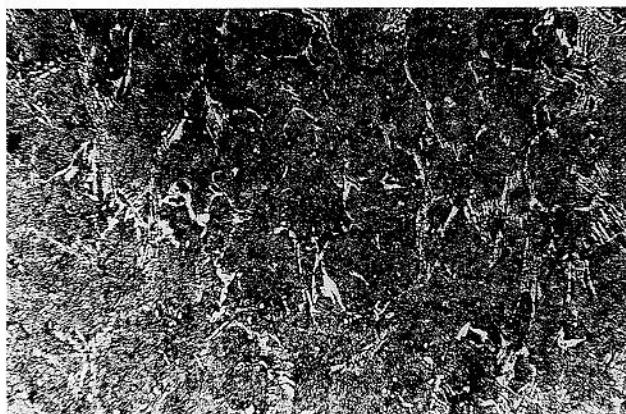


図-2 ハイスロールのミクロ組織 $100\mu\text{m}$

3.2 表面硬さおよび硬さ深度

(1) 表面硬さ

表面硬さは、 $H_s 90 \pm 3$ を標準としている。

(2) 硬さ深度

ロールの断面硬さ分布の一例を図-3に示す。肉盛層内の硬さ低下は僅かであり、径小時も十分な硬さを確保できる。

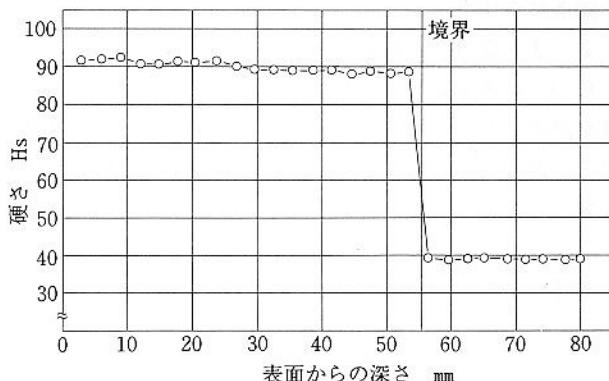


図-3 ハイスロールの硬さ深度例

3.3 機械的性質

表-2に肉盛層、および母材の機械的性質を示す。肉盛層、母材ともに良好な特性を有している。

表-2 ハイスロールの機械的性質

位置	項目	ハイスロール
外層	引張強さ (kgf/mm^2)	80~90
	圧縮強さ (kgf/mm^2)	280~330
	$K_1 C$ ($\text{kgf/mm}^{3/2}$)	80~90
	衝撃値 (Uノッチ) (kgfm/cm^2)	0.2~0.3
	表面残留応力 (kgf/mm^2)	-20~-30
境界	引張強さ (kgf/mm^2)	60~80
内層	引張強さ (kgf/mm^2)	70~120
	$K_1 C$ ($\text{kgf/mm}^{3/2}$)	180~220
	衝撃値 (kgfm/cm^2)	(V) 3~7

4 製造可能形状

当社では、現在、表-3に示すC.P.C.ハイスロールの製造が可能である。図-4に、製品ロール形状の外観を示す。

表-3 製造可能寸法

項目	寸法
製品胴径	$\phi 100 \sim 700\text{mm}$ ($\sim \phi 840$ 計画中)
製品全長	6,000mm
製品重量	10t,000 ($\sim 15t,000$ 計画中)
製品肉盛層厚	10~120mm (実績 max)

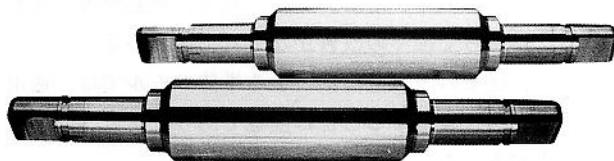


図-4 コールドストリップミル・ワークロール

5 使用成績

C.P.C.ハイスロールのコールドストリップミルにおける使用成績例を表-4に示す。従来の鍛鋼焼入口ロールに比べ、1回の圧延量を増大できるほか、摩耗量も減少し、かつ、圧延前後の表面粗さ変化が非常に少ない等、ハイスロール特有の効果が得られている。

表-4 ハイスロールの使用成績

(4 Hiレバースミル、ロール $\phi 465 \times 1259.6 \times 3003$)

ロール	使用回数	圧延量 ton/回 (km/回)	エッジ摩耗 $\phi \mu\text{m}$	表面粗さ $R_a \mu\text{m}$	
				圧延前	圧延後
C.P.C. ロール	11	567 (1,002)	4~8 ~ 0.28	0.26 ~ 0.34	0.27
従来ロール (5Cr鍛鋼)	-	195 (334)	12~17 ~ 0.39	0.38 ~ 0.12	0.14

6 結言

当社創出のC.P.C.プロセスを応用し、コールドストリップミル・ワークロールとして開発した、C.P.C.ハイスロールについて紹介した。当ロールは、C.P.C.プロセスの特長を最大限に利用しており、従来ロールと全く異なる特性を有している。現在、使用中のロールは、良好な結果が得られており、今後も、使用特性に合致した肉盛材成分の開発等により、適用範囲が拡大することを期待している。

参考文献

- 1) 坂本真一他、フジコー技報 1 (1993) P. 9
- 2) フジコー技報 1 (1993) P. 32
- 3) 坂本真一他、フジコー技報 1 (1993) P. 16

お問い合わせ**—〈問い合わせ先〉—**

本社 事業開発本部
Tel. 093 (871) 3724 山本 静男
本社 C.P.C 技術開発室 (山陽工場駐在)
Tel. 08654 (4) 5151 斎藤 弘道

熱延仕上巻取設備用C.P.C下ピンチロール

1 緒 言

熱延巻取設備は、熱延ラインの最後の工程で、ストリップの性状に及ぼす影響は大きく、重要な設備の一つに挙げられる。

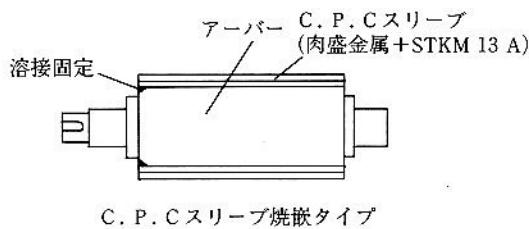
弊社では、かねてより、熱延ラインのロール、ローラの開発を手掛けており、近年特に、巻取設備ロールの開発に傾注している。巻取設備ロールは、従来、溶接肉盛法が採用されており、ビードマークなどの製造プロセスに起因した特異な表面性状がストリップに悪影響を及ぼす場合がある。このような性状の発生のないC.P.C法による巻取設備下ピンチロールを開発した。

その製造方法と特長について、概要を紹介する。

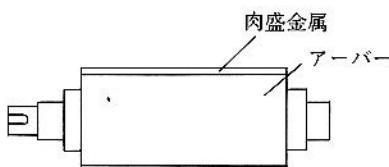
2 製造方法

2.1 ロール構造

ロール構造として、次の二つのタイプの選択が可能である。ロール構造の概略を図-1に示す。



C.P.Cスリープ焼嵌タイプ



C.P.C直盛タイプ

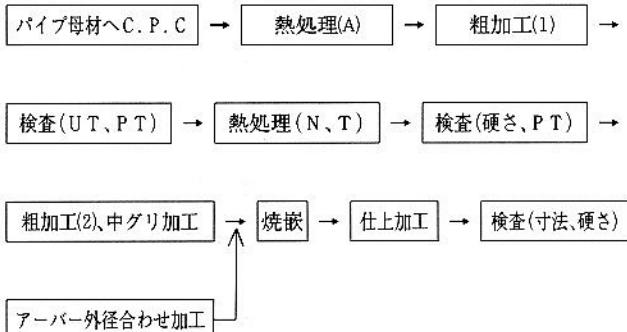
図-1 ロール構造

使用特性により、ロール構造が決定されるが、C.P.Cスリープ焼嵌タイプは、再生の際、アーバーの繰返し使用が可能で、スリープのみの交換により、コストダウンがもたらされるメリットがある。

2.2 製造工程

図-2に二つのタイプのロールの製造工程を示す。高周波誘導加熱溶解炉で溶解した肉盛材をC.P.C装置により、クラッド材を鋳造し、熱処理、機械加工を経て、製品とする。

① C.P.Cスリープ焼嵌タイプ



② C.P.C直盛タイプ

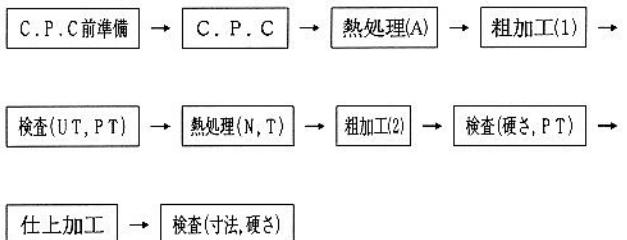


図-2 ロールの製造工程

2.3 肉盛材の化学組成

下ピンチロール適用材の化学組成および他の特性を表-1に示す。

表-1 肉盛材の主要成分組成と特性

成分 材質	C	Ni	Cr	Mo	V	硬さ Hs	耐焼付性 耐摩耗性
FKS-407	0.50 ~0.55	1.0 ~2.0	7.0 ~7.5	1.0 ~2.0	0.2 ~0.3	70±5	③ ①
FKS-406	同上	0.8 ~1.2	5.0 ~5.5	0.8 ~1.2	同上	同上	② ②
FKS-408	同上	—	2.5 ~3.0	0.8 ~1.2	同上	同上	① ③

FKS-406、407材は、巻取ラッパローラにも使用実績が豊富にあり、ラッパローラには、現在、主として、FKS-407が採用されている。

三つの材質は、使用特性によって、耐焼付性、耐摩耗性のどちらに主眼を置くかで選択することが必要である。

3 使用成績

表-2に使用成績の一例を示す。

表-2 使用成績の一例 (FKS-407)

コイラー	使用前径	使用後径	摩耗径	処理トン数	摩耗径/ 10 ⁵ トン
No. 1 ストリップ61	Φ 407.79	Φ 407.07	Φ 0.72	107,824	Φ 0.67
No. 2 薄物	Φ 406.82	Φ 405.86	Φ 0.96	218,650	Φ 0.44

使用後のロール表面の状況を図-3で示す。

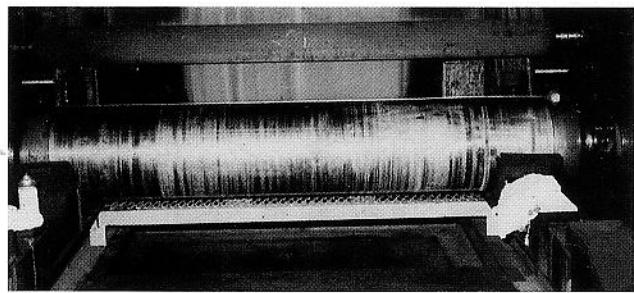


図-3 使用後の表面の状況

4 まとめ

C.P.C法による熱延巻取下ピンチロールの特性を紹介した。その特性において、耐用の向上がはかられただけでなく、構造の選定によって、再生費用の低減もたらしている。今後も、さらに、巻取設備の特性に合わせたロールの適正化によって、需要の拡大を期待している。

〈問い合わせ先〉

本社 C.P.C.技術開発室（山陽工場
駐在）
Tel. 08654 (4) 5151 坂本 真一

横中ぐり盤用オフライン黒書セット定盤の考案

1 製品の目的

一般的に、中ぐり機械・プラノミラー・フライス盤などの加工機械で切削加工する場合、加工物のセットは加工機械のワークテーブル上でトースカン、ハイトゲージ等を用いたケガキ作業や、本機の移動動作による芯出しを行ない、加工物をクランプ固定するのが通例である。しかし、この様な通例の加工物セット作業では、加工機械の本来目的である実切削稼動率が低いという問題点があった。かかる問題点を解決すべく、オフラインにて加工物の黒書・芯出セット作業を行なった定盤をワークテーブルの所定位置に締着固定するだけで加工機械と加工物との平行・水平・垂直度が確保できる“黒書セット定盤”を考案した。

2 製品の概要及び機能

黒書セット定盤は、図-1に示すように、加工物をセットする側の上板と、ワークテーブル側の下板と、これら上・下板間に格子状に組み付けた支持枠体により構成されている。

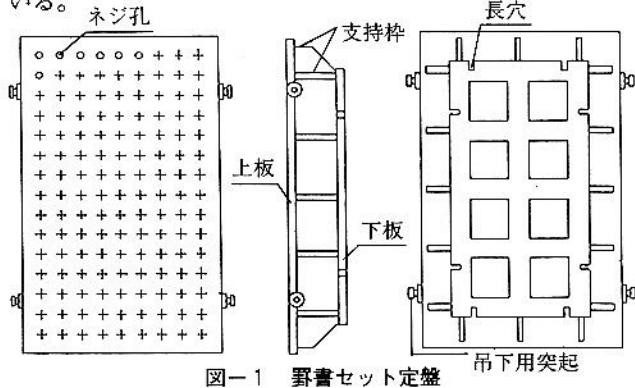


図-1 黒書セット定盤

上板の全面には、クランプ材装着用の多数のネジ孔またはT溝が一定ピッチで形成されている。また、下板にはワークテーブルに固定する為の長穴が設けてある。上板・下板の夫々の上、下面是高精度な平行度を有した機械加工面であり、更に周侧面は高精度な直角・垂直度を有した機械加工面で、芯出し基準面としての機能を有している。また周侧面には、吊下運搬用突起が取付けられている。

3 使用実例

黒書セット定盤への加工物のセット作業は図-2に示すように、オフラインに設置されたケガキ定盤上に黒書セット定盤を載置し、加工物を載せてトースカン・ハイトゲージなどの水平測定具や三次元測定装置を用いて、黒書セッ

ト定盤の周側面及び上板を基準にケガキ作業や芯出し作業を行ない、クランプ部材により加工物を黒書セット定盤に固定する。

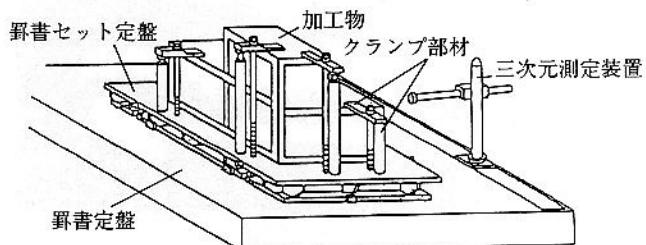


図-2 黒書セット定盤への加工物セット

この間、待機状態になっている加工機械は、他の加工物の加工を行なうことができる。

次いで、黒書セット定盤を加工機械のワークテーブル上のほぼ所定位置に運搬載置する。その後正確な位置決めは、図-3(a)、(b)、(c)に示すように、ワークテーブルに加工機械と平行・直角な高精度の加工された溝に位置決め部材を挿着し、黒書セット定盤と位置決め部材とを密着セットし固定する。

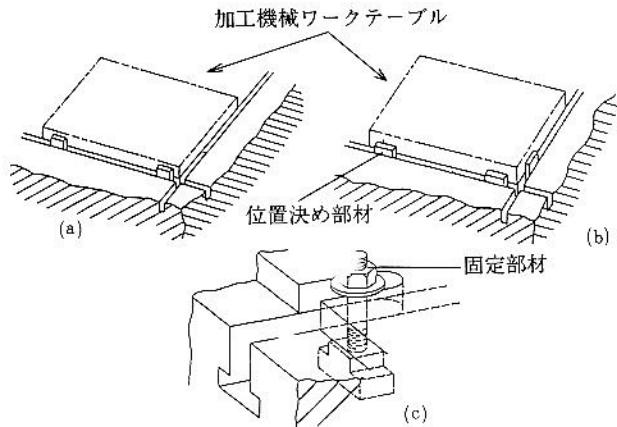


図-3 黒書セット定盤のワークテーブルセット方法

この芯出セット方法により、加工物を加工機械ワークテーブルに芯出セットするのは、短時間で高精度に位置決めできることから、加工機械の稼動率を向上できる。

また、加工物の他の面を加工する場合には、固定部材による固定状態を解除して黒書セット定盤を回転させることにより次に加工する面を刃物側に向け、再び位置決め部材による位置決めと固定部材による固定とを行なって加工す

るので、加工物の他の面を加工する度にケガキや芯出し作業を新たに行なう必要が無く、更なる稼動率の向上ができる。加工物の上面または下面を加工する場合には、野書セット定盤を加工機械のワークテーブルから外してケガキ定盤上に運搬載置し、ここでクランプ解除して加工物を横に倒した後、上面または下面のケガキおよび芯出作業を行ない、再びクランプしてワークテーブル上にセットし直す。この間、待機状態になっている加工機械は、他の加工物の加工を行なうことができる。

図-4に野書セット定盤を使用した状態図を示す。

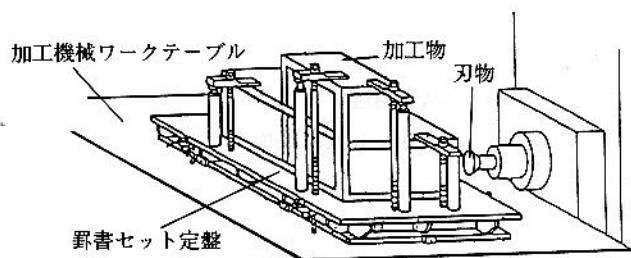


図-4 野書セット定盤を使用した状態図

4 効 果

上記の様に、オフライン上で加工物を野書セット定盤に芯出固定できるので、この間加工機械は他の加工物の加工を行なうことができ、加工機械の稼動率を向上できる。

加工物は加工機械のワークテーブル上の位置決め部材に野書セット定盤を当接させ位置決めした後、固定部材により固定するだけでワークテーブル上に芯出し状態でセットできるので、加工物を高精度の位置決め状態で短時間のうちにセットでき、これにより加工機械の稼動率を向上でき

る。また、加工物の他の面を加工する場合には、固定部材による固定状態を解除して野書セット定盤を回転させた後、再び位置決め部材による位置決めと固定部材による固定という短時間で済む簡単な作業を行なえばよいので、加工物の加工面を変える度にケガキや芯出し作業を行なう必要がない。

また、広い面積のワークテーブルを有する加工機械においては、加工物を芯出セットした野書セット定盤を2個以上ワークテーブル上にセットできる為、一方の加工物の加工が完了して、加工物交換作業時でも、もう一方の加工物の加工が行なえるので、加工機械の切削状態を停止する時間が極めて少なく成り、稼動率が大巾に向かうことができる。

野書セット定盤の移動時に、吊下用突起にワイヤなどを掛けで野書セット定盤を移動するようにしたので、野書セット定盤の上面全域を加工物の載置および固定に使用でき、しかも野書セット用定盤の移動が円滑になる。さらに、加工物にワイヤなどの吊り具が当接しないので、加工物を傷つけたり芯出しを狂わせることを防止することができる。

野書セット定盤においては、上面および周側面が高精度に加工された芯出基準面であるので、位置決め部材に野書セット定盤の周側面を当接させた状態でワークテーブルにセットするだけで、正確な芯出しを行なうことができる。

さらに、位置決め部材は、ワークテーブルに固定状態または着脱可能な状態で取付けるようにしたので、野書セット定盤をワークテーブルにセットする際には、野書セット定盤をこの位置決め部材に当接するだけで簡単に位置決めできる。

鋳造複合ライナーの材質特性

CPC技術開発室

木下 利哉

Toshiya Kinoshita

山陽工場

戸川 孝司

Takashi Togawa

1 緒 言

製鉄・セメント・炉材メーカー等における、多量の鉱石原料・セラミック原料を処理する設備においては、高クロム鋳鉄の鋳造一体品及び、溶接肉盛品等の各種ライナー材が使用されている。鋳造一体品については、割れが発生し易く、化学組成や硬さに限界がある。一方、溶接肉盛品については、硬化層を厚く出来ない問題がある。特に最近では、メンテナンスフリーが強く望まれており、耐久性に優れる厚肉高硬度ライナーのニーズは大きい。

当社では、このようなニーズにより、高クロム鋳鉄と鋼材とを、特殊鋳造法により溶融接合させた、画期的な「EST ライナー」を開発した。¹⁾ ここでは、主として、その材質特性について説明する。

2 製造方法概略

「EST ライナー」の製造工程を、図-1に示す。鋳造方法として、当社が新たに考案した特殊鋳造方式（クイックスプレッド方式）を採用し、大型サイズ（900mm×1800mm×30mm）の複合ライナーを製造している。製品構造の特長

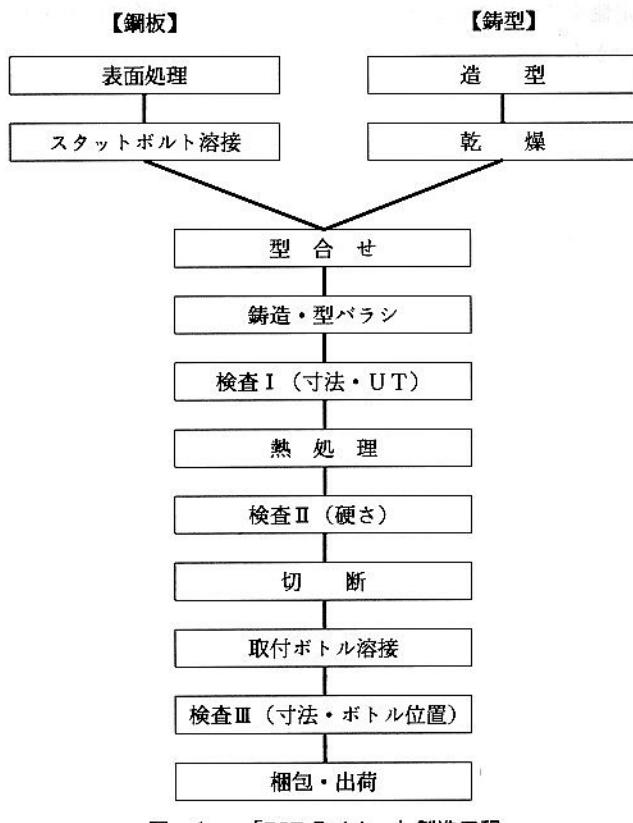


図-1 「EST ライナー」 製造工程

は、18mmの高クロム鋳鉄層と12mmの鋼板（SS 400）を、溶融接合させた、2重構造であり、設備・機器への取付のために、鋼板背面に、アーチスタッド溶接ボルトを有することが挙げられる。

3 ライナー材の具備特性

各種耐摩耗材は、様々な使用環境や、取付の環境に対応できる事が必要である。

まず、使用環境については、

- 1) 機械的衝撃などの高負荷
- 2) 高温度雰囲気

などがあり、取付易さなどもきわめて重要である。これらのライナー取付は、一般的に典型的な3K作業であり、耐用延長、メンテナンスフリー化によってもたらされる効果は大きい。

厚肉高硬度の鋳造複合ライナーは、この様な要求に対して開発したものである。

4 ライナー材の材質特性

3項で述べた具備特性を踏まえて、開発した「EST ライナー」の、図-2に示す各種特性について調査した。

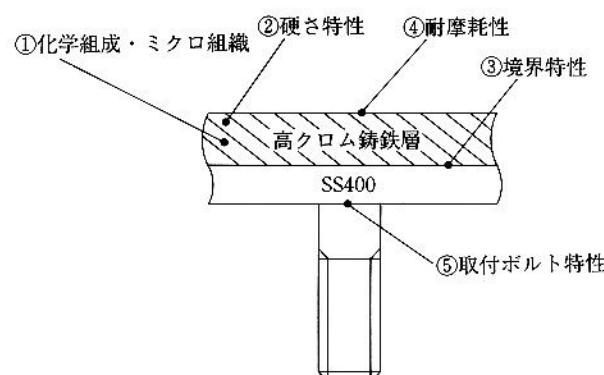


図-2 EST ライナー特性調査項目

4.1 化学組成、ミクロ組織

従来使用されている鋳造単体ライナー材は、3C-18Cr-Mo系、3C-27Cr系が主として適用されて居り、鋳造時に割れや歪が発生しやすく、成分組成において制約が多い。しかし、鋳造複合ライナー（EST ライナー）の場合、表-1の様な、高C-高Cr-高合金の組成において、割れ、歪等が発生しない、健全な素材を製作することが可

能である。

表-1 「EST ライナー」 化学組成

元素 区分	C	Cr	特　殊　元　素		
			X	Y	Z
EST-1	4.0~5.0	25.0~30.0	0.5~2.0	0.5~2.0	—
EST-2	4.5~5.5	25.0~30.0	0.5~2.0	3.0~7.0	3.0~7.0

代表的なライナー材のミクロ組織を、図-3、図-4に示す。これらの材料は、熱間におけるエロージョン及び、アブレージョン雰囲気での使用特性を考慮して、合金設計された材質であり、マルテンサイト基地組織中に、多量のクロム及び、その他高硬度炭化物を晶析出させた材質である。又、熱処理（焼入れ・焼戻し）を施すことによって、炭化物を支える基地組織の強化が図られ、炭化物が欠落しにくいことも代表的な特長の一つになっている。

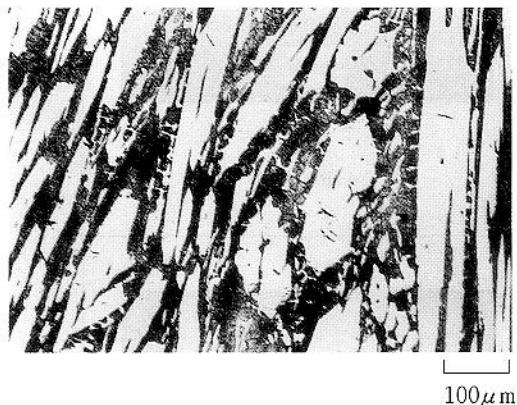


図-3 EST-1 ミクロ組織

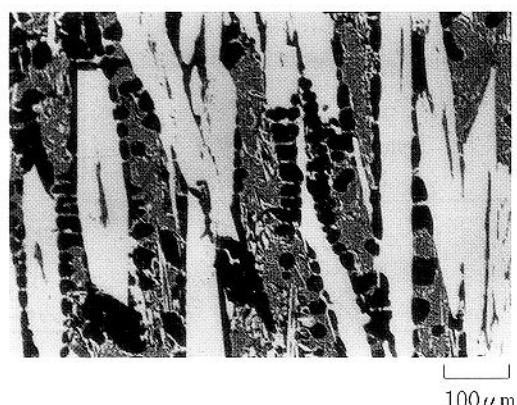


図-4 EST-2 ミクロ組織

4. 2 硬さ特性

硬さ特性については、高温硬度を図-5で、有効層中の硬度分布を図-6で示す。この測定結果から、硬度の温度依存性が小さく、また、有効層において変動が小さく、

均一な傾向が顕著に認められることが特長として挙げられる。

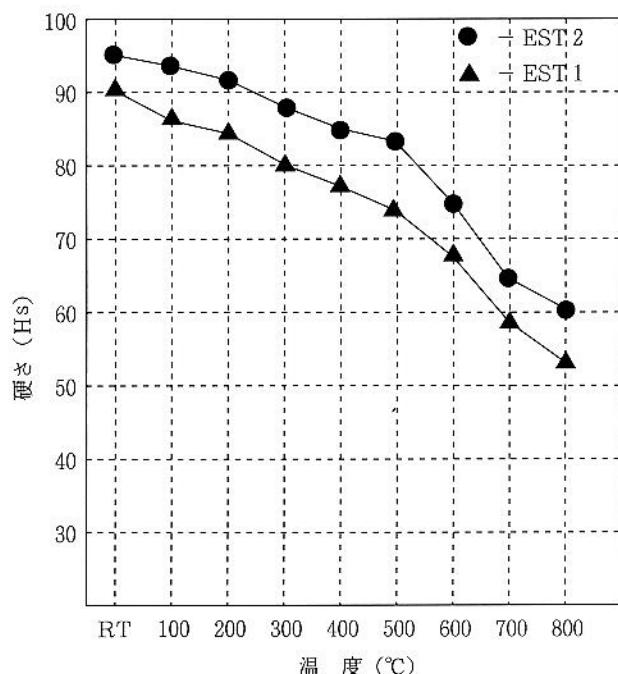


図-5 常温及び高温硬度分布一例

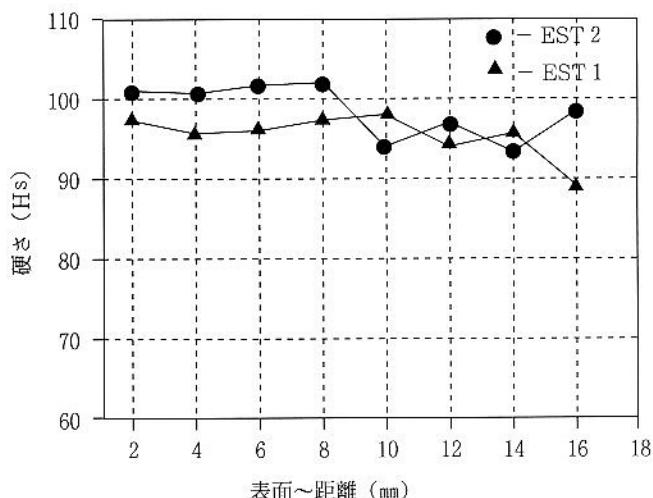


図-6 外層材(高クロム鉄部)断面硬度分布一例

4. 3 境界特性

前項において示した硬さ特性を有する耐摩耗層を、廃却まで剥離することなく安全に使用するには、境界の特性は非常に重要な要素であり、J I Sに準じて試験を行なった。接合境界部せん断強度試験（J I S G 0601）の結果の一例を表-2に示す。又、耐衝撃剥離性を確認する目的で行なった落重試験結果を表-3に示す。これらの結果から、境界部においてすぐれた機械的性質を有し、大きな衝撃にも耐える特性を有していることがうかがえる。

表-2 接合境界部のせん断強度結果一例

	接合面積 mm ²		破断荷重 P (kgf)	せん断強さ σ _s (kgf/mm ²)
	厚み W	幅 B		
①	4.5	25	112.5	3,390
②	4.5	25	112.5	4,220
③	4.5	25	112.5	3,805
				33.8

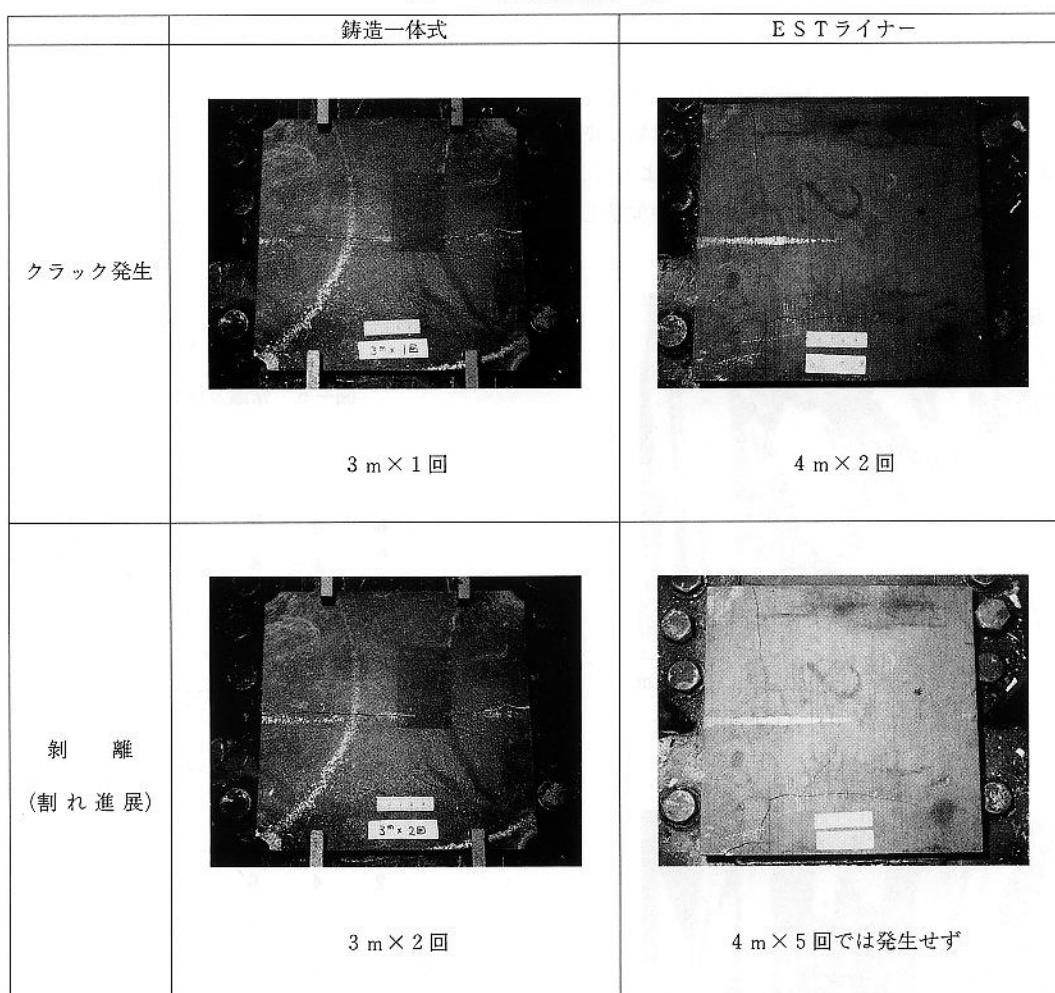
* 1 せん断強さ (kgf/mm²) $\sigma_s = P / S$

* 2 試験及び測定方法は、J I S G 0601による。

4. 5 取付ボルト溶接強度

その他の重要な特性として、ライナー寿命を大きく左右する要素である取付ボルトの溶接強度が挙げられる。ボルトサイズM16及び、M20ボルトについての引張試験結果を、表-6、表-7に示す。又、試験後のサンプル破断状況を、図-8に示す。表-6、表-7および図-8から明らかなようにボルトの破断荷重は大きく、ボルト破断位置は全てネジ部となっている。

表-3 落重試験結果一例



4. 4 摩耗特性

原料処理設備等において使用されるライナー類は、摩耗の要因として、特に、粉体原料によるアブレージョン摩耗が想定される。

摩耗試験法には、エンドレスエメリー試験法を用いた。試験装置の概略を図-7で示し、試験条件を表-4に示す。各種ライナー材との、摩耗試験結果比較を表-5に示す。試験結果において、他社高クロム鋳鉄材A（鋳造一体品）と比較して、EST-1の場合約1.9倍、EST-2の場合、2.3倍もの耐摩耗性を有していることが確認された。

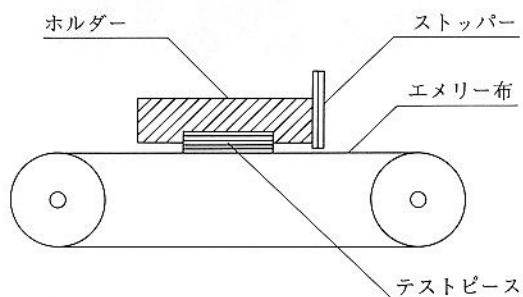
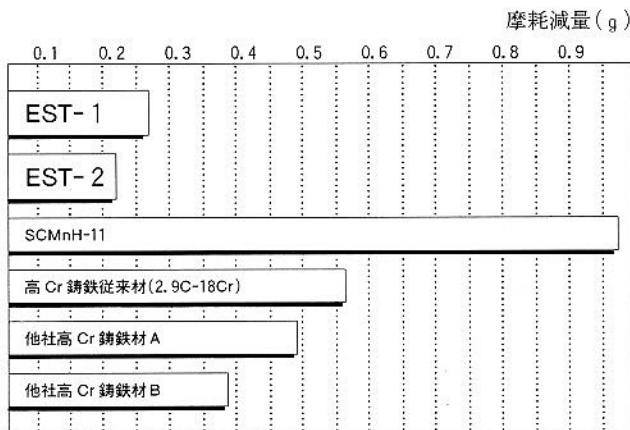


図-7 エンドレスエメリー摩耗試験機の概要図

表一4 エンドレスエメリー摩耗試験条件

テス	ト機	エンドレスエメリー摩耗試験機
荷	重	3,100 g
速	度	240 m/min
ペル	ト粗さ	#40 (材質 SiC)
テス	ト時間	2 時間
試	験片	サイズ 50×50mm

表一5 エンドレスエメリー摩耗試験結果比較



表一6 アークスタッド溶接強度 (M16)

No.	ボルト形状 (φ mm)	破断荷重 (kgf)	抗張力 (kgf/mm²)	破断箇所
1	16	9,350	59.7	ネジ部
2	16	8,700	55.5	ネジ部
3	16	8,925	57.0	ネジ部
平均値	M16	8,992	57.4	ネジ部

※1 有効断面積 (並目ネジ 156.7mm²)

※2 引張試験荷重 (15トン)

5 使用結果

鋳造複合ライナーを、各種産業分野において使用した。耐用結果の一例を表一8に示す。これらの分野で使用されたライナー材は、割れ、剥離及び、ボルト折損等もなく順調に使用され、大巾な耐用の延長がはかられている。

6 結 言

鋳造複合による、ライナー材を開発して実機に使用した。その結果は以下の通りである。

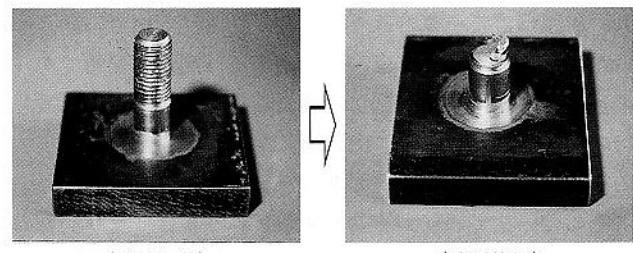
(1)鋳造複合によるESTライナーを開発し、ライナー材

表一7 アークスタッド溶接強度 (M20)

No.	ボルト形状 (φ mm)	破断荷重 (kgf)	抗張力 (kgf/mm²)	破断箇所
1	20	13,970	57.1	ネジ部
2	20	13,625	55.7	ネジ部
3	20	13,700	56.0	ネジ部
平均値	M20	13,765	56.3	ネジ部

※1 有効断面積 (並目ネジ 244.8mm²)

※2 引張試験荷重 (15トン)



図一8 取付ボルトの破断状況一例 (M16)

表一8 ESTライナー使用結果 (一例)

	製鐵業	セメント業	窯業
品名	コークス盲板 ロストルバー	縦型ミル内 側壁ライナー	原料搅拌ミキサー スクレバー
形状	100×997×30 t	316×247×30 t	170×710×30 t
適用	従来材	セラミック(Al系)	高クロム鋳鉄
材質	複合ライナー材	EST-1	EST-1
取付構造	製罐構造	ボルト取付	ボルト取付
耐用結果	>1.5~3倍	>2倍	>10倍

の、各種産業分野へ適用拡大がはかられた。

- (2)ESTライナーは、セラミック材と比較して、機械的衝撃特性等において特にすぐれており、又、鋳造一体式ライナー材に発生し易い、偏摩耗等も発生しない事が確認された。
- (3)また、一体鋳造材と比べて、2倍以上の耐久性を示し、特に、割れ・剥離及び、脱落等の発生もなく良好な結果を得ている。

参考文献

- 1) フジコー技報 1 (1993) 34

鋳型補修技術に関する設備機械の開発

フジコーオリジナルルーツ技術の紹介



産機設計室

田北 正一

Shoichi Takita

産機設計室

野田 茂実

Shigemi Noda

1 はじめに

当社の鋳型補修の技術は、初代社長山本秀祐が、昭和27年に僅か5名で始めたのが端初である。

現在では連続鋳造が鋳型を用いる造塊法にとってかわり、鋳型はごく一部特殊な場合に使用されているにすぎないが、昭和40年代までは鋳型を使う造塊法が支配的であった。造塊に使用する鋳型は一般に数十回の注湯で、急熱急冷の熱パターンにより、内外面に亀裂や溶損が生じ廃棄するという使い捨ての状況であった。

その使い捨ての鋳型を補修するという事は、当時鋳物の生長現象上不可能と思われていたものに、初代社長独自の発想と工夫によって挑戦し、昭和27年6月15日、内面の溶損部を補修した鋳型に溶鋼を注ぎ造塊するテストに成功した。爾来6月15日を当社創業記念日としている。

また、鋳型補修という技術が鉄鋼業界の注目を集め鋳型原単価の大幅低減に貢献する事が認められ、補修需要の急増に対応すべく増員も行われたが、同時に、より合理的な補修法を探求し、補修機械の開発を積極的にやって来た。

鋳型補修を通じ培かれた技術が当社の産業機械設計や特殊材料の溶接技術の礎となっており、オリジナルルーツ技術としてその発展について紹介する。

2 鋳塊鋳型の補修技術の変遷

鋳型の補修方法は亀裂、溶損の発生場所等によって種々あるが、ここに以下の主だった3つの方法について紹介する。各々の補修方法は、電動工具を人力にて運転した時期から治具的考案による半機械式、さらに自動運転を含めた自動機械へと進歩して來た。

鋳型に生ずる亀裂は、急熱急冷の熱パターンによって加速され、鋳型母材の耐力の劣化と相まって拡がり傾向を示す。それ等の生長を阻止するための方法が、(1)鋳型外面に於ては開先加工し錨補強による亀裂生長防止方法、(2)内面に於ては開先加工し、ボルト植込みを行い、溶接金属にて縫合した後、グラインダー研削する方法である。

また、亀裂の程度によっては内面については、(3)溶接補修及びグラインダー研削、亀裂幅が3mm未満のものは研削のみの仕上げとする等の方法であった。(図-1)

2. 1 内面溶損に対する穿孔作業

a) 昭和27年（初期）

図-2に示す如く天秤棒式電気ドリルを使用し、

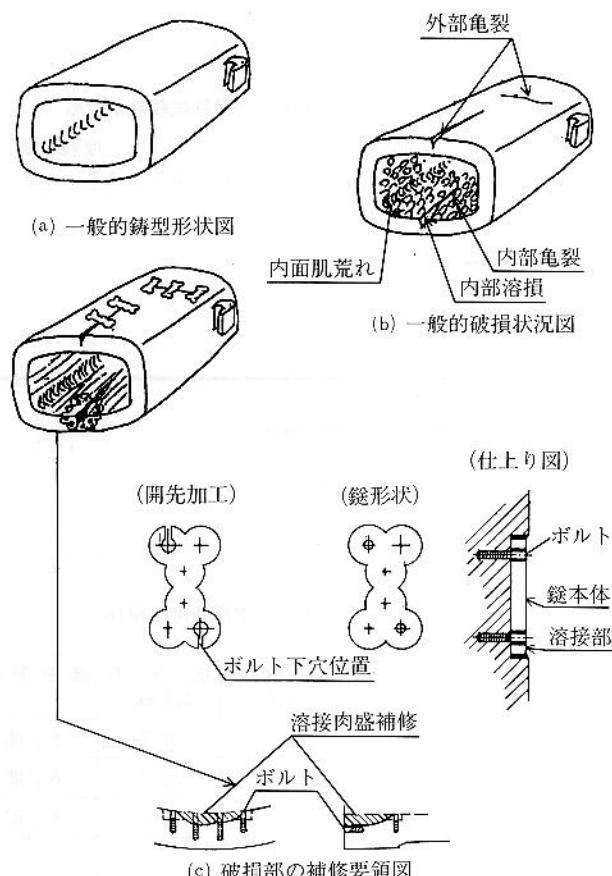


図-1 鋳型の補修要領図

2~3人掛りで鋳型内面へ穿孔作業を行うやり方で多くの人員が必要かつ人力に頼る事が多く不安全な作業方法であった。その後エアーハンマーでタガネはつり開先取りしてボルト立込み鋼肉盛溶接充填後外周境界部補強を行った。

b) 昭和30年代中頃

図-3に示す如く初期型内面穿孔装置の開発により作業安全性及び能率が向上した。能率は初期の頃に比べると約2倍になった。

c) 昭和40年代中頃

M D-1型内面穿孔機を開発した。(図-4) 本機は、Φ60の特殊錐を内蔵し亀裂の周辺又は亀裂に直接穿孔及びタップ立て作業が可能な装置となっており、初期の頃に比べると作業能率は5倍以上に向上した。

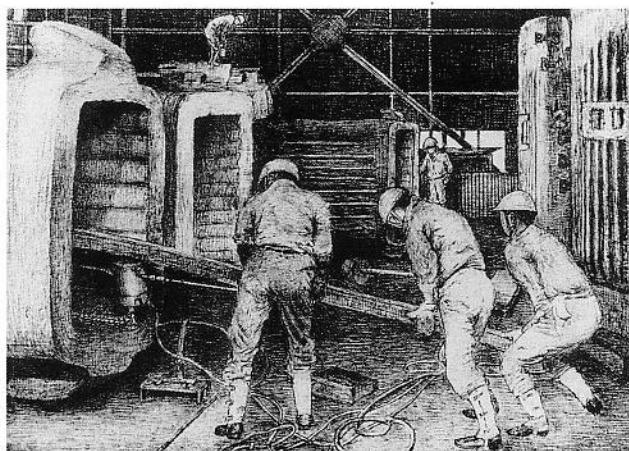


図-2 天秤棒式電気ドリル穿孔

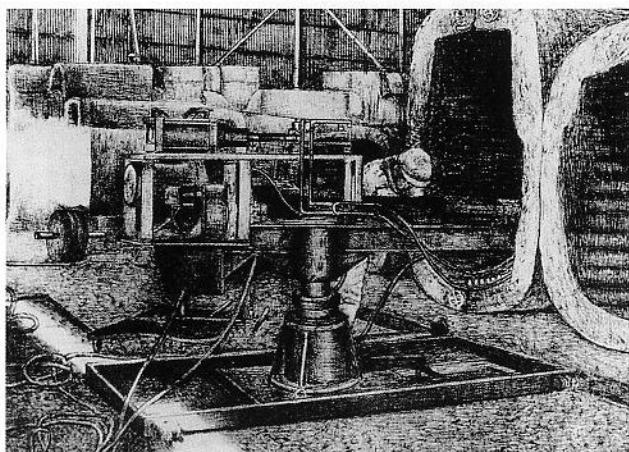


図-3 鋳型内面小径錐穿孔作業

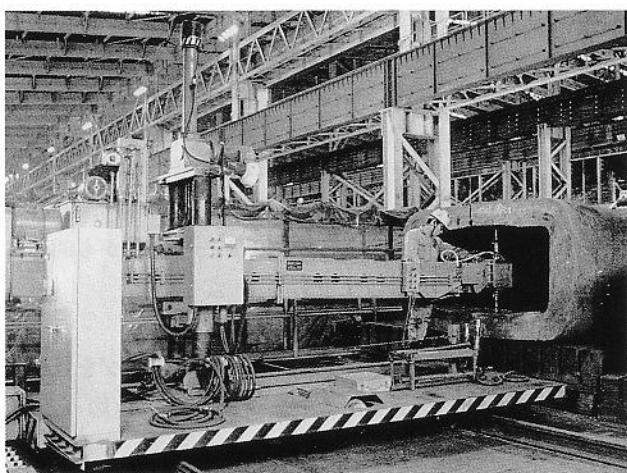
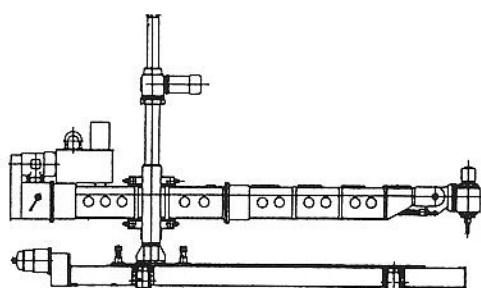
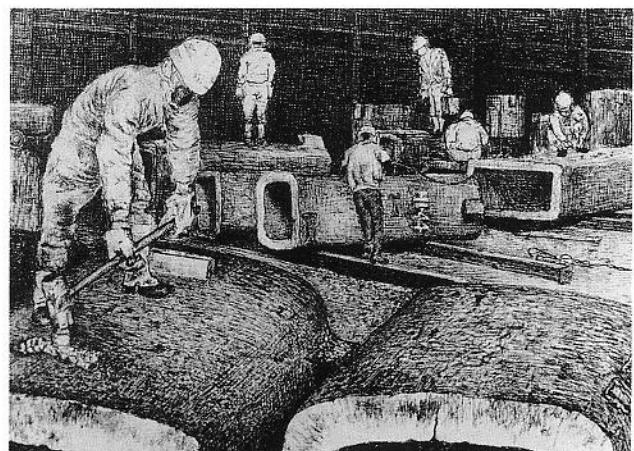


図-4 鋳型内面穿孔機 MD-I

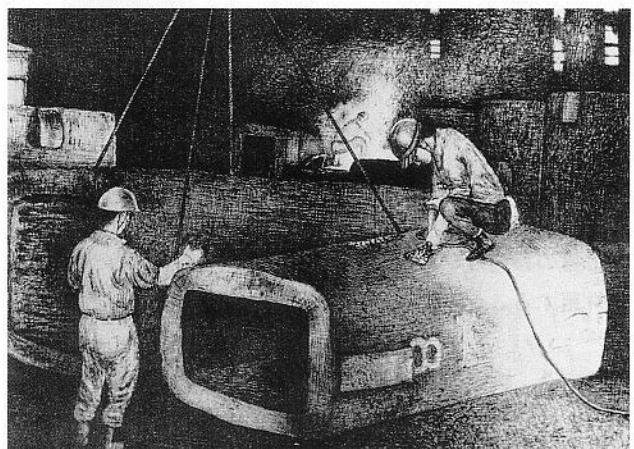
2. 2 外面亀裂に対する穿孔作業

a) 昭和27年(初期)

外面への穿孔作業は、図-5に示す天秤棒式電気ドリルにて鋳型外面に多数小径穴穿孔後、錐穴間ポンチ槌打破碎、エアーハンマーでタガネはつり開先取りボルト立込み後、鋼板製鎌を開先部へ埋込み周囲肉盛溶接を行った。本方法も内面溶損時の穿孔作業と同じく人力に頼る事が多く不安全な作業方法であった。



(a) 鎌開先穴小径錐穴間ポンチ鎌打破碎作業

(b) 鎌穴開けタガネはつり作業
図-5 鋳型外面の破碎およびはつり作業

b) 昭和30年代中頃

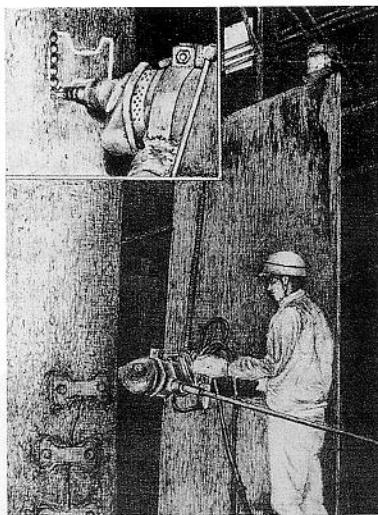
図-6に示す如く縦及び横移動式穿孔装置の開発により高馬力での錐穴加工が可能になり初期の頃に比べると作業能率が約2倍になった。

c) 昭和40年代中頃

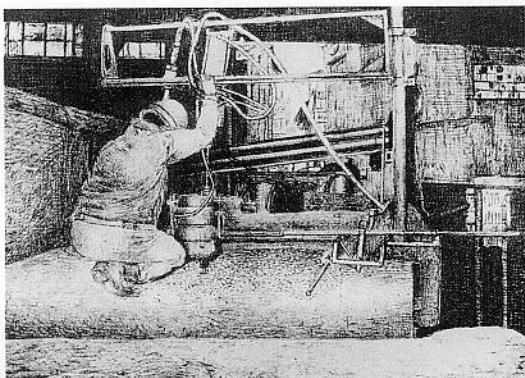
図-7に示す如く縦及び横移動式大径錐穿孔装置考案により開先取り作業がタガネはつりを不要とした為、作業能率は初期の頃の約10倍に向上した。

d) 昭和50年代

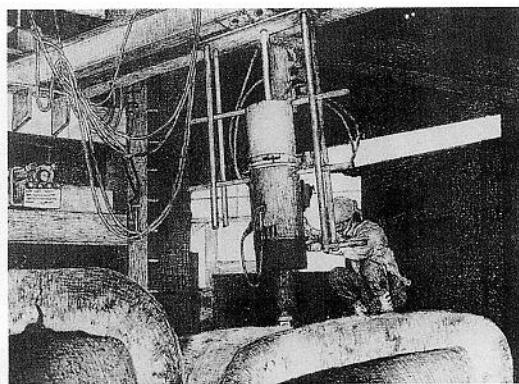
M A D - 1 型鋳型外面自動穿孔機を開発した。
(図-8)



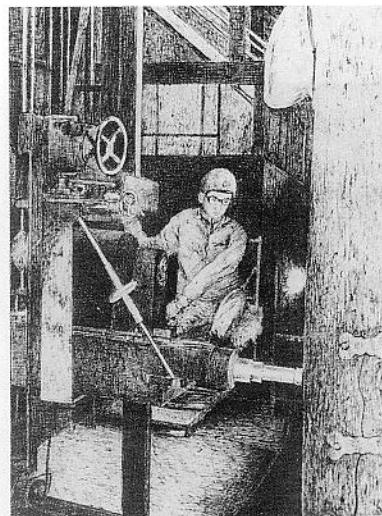
(a) 縦式小径錐による鎌穿孔作業



(b) 横式小径錐による鎌穿孔作業
図-6 小径錐による穿孔作業



(a) 鎌穴開横式大径錐穿孔作業



(b) 鎌開先縦式大径錐穿孔作業
図-7 大径錐による穿孔作業

本機は、鎌の種類に合わせてセットする事により全自動にて錐の移動及び穿孔作業が出来、専用のターンテーブルを併用することにより、更に能率は倍加された。

2. 3 内面溶損及び亀裂に対する研削作業

a) 昭和27年（初期）

$1/4\text{ H.P} \rightarrow 1/2\text{ H.P} \rightarrow 1\text{ H.P}$ と順次高馬力のポータブルグラインダーにて内面研削を行い、手持式から鋼製治具にスプリング吊りにするなどの改善がみられたが手作業的なもので作業能率及び安全性に乏しかった。

b) 昭和30年代中頃

図-9に示す如く10H.Pワゴン式グラインダーの考案により作業能率は初期に比べると約2倍になったがまだ安全性に乏しかった。

c) 昭和40年代中頃

図-10に示す如く初期型全面研削機を考案し、作業能率は大幅に向上了し初期の4倍以上になった。また遠隔操作の為安全性も向上した。

d) 昭和50年代

M A G - I 鑄型内面自動研削機を開発した。（図-11）

本機は前後、左右の研削範囲を設定することにより全自动操作にて内面研削を行なう事ができ1人の運転者により2台使用が可能である。又、アームを 360° 回転させる事により鑄型を固定したまま、4面全ての研削を行うことができる。

3 その他の付帯装置

3. 1 自動ハッカー

自動ハッカーA H - II型は、鑄型の専用吊り機として開発したもので、爪部の回転機構を内蔵し、クレーン室からの遠隔操作により安全にしかも的確に作業が行なえる装置である。（図-12）

3. 2 ターンテーブル

本装置は、外面穿孔作業等の能率アップを目的に開発された大荷重用のテーブルである。（図-8）

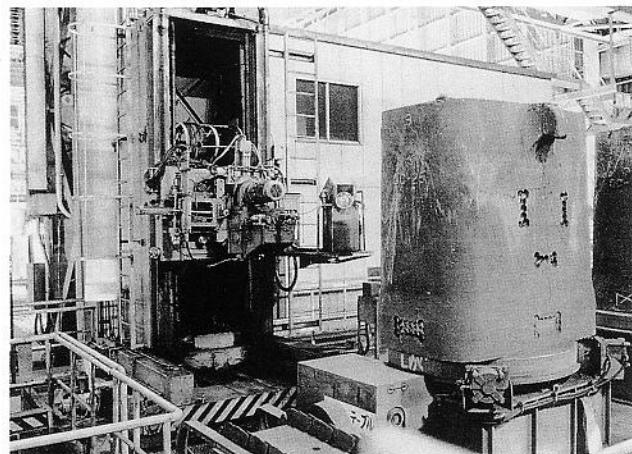
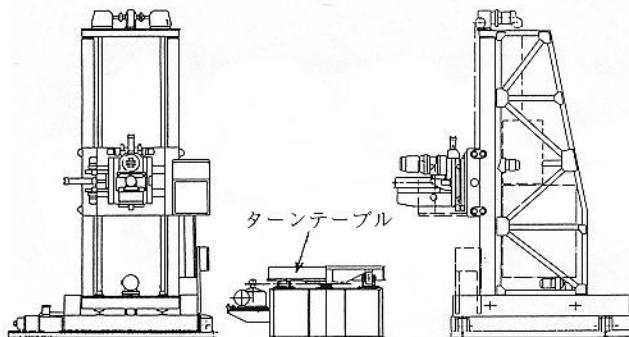


図-8 鋳型外面自動穿孔機 MAD-I

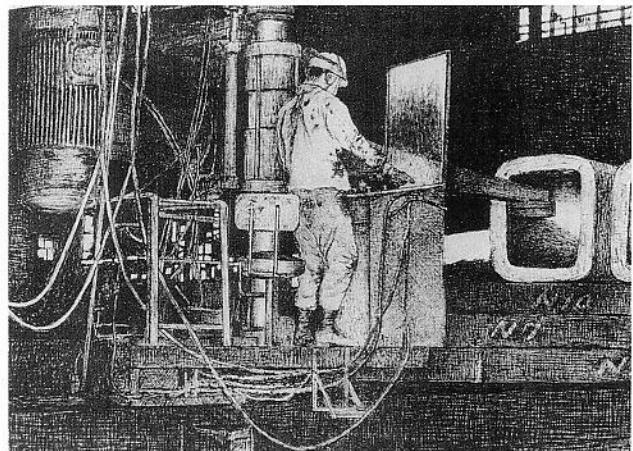


図-10 MG IIIによる鋳型内面研磨作業

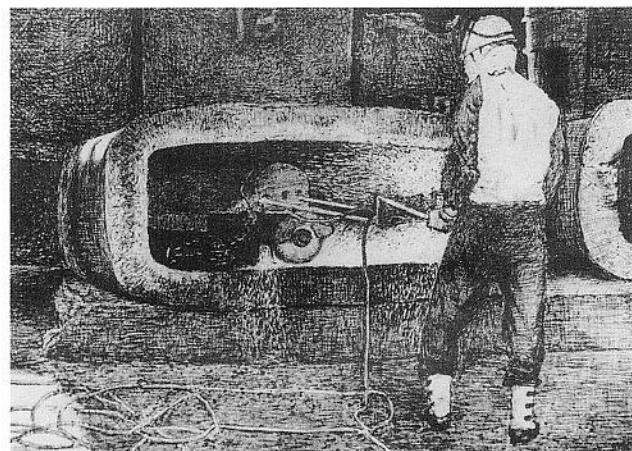
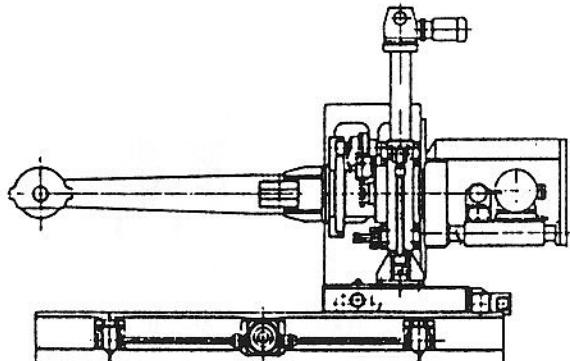


図-9 ワゴン式グラインダーによる鋳型内面研磨作業

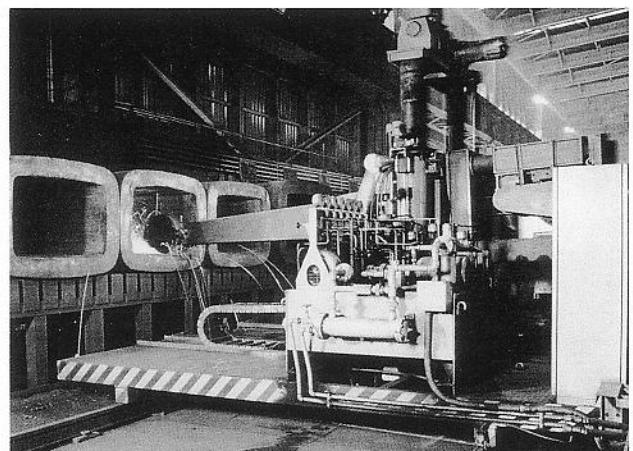


図-11 鋳型内面自動研削機 MAG I

3. 3 鋳型回転装置

本装置は、正方形断面又はこれに近い矩形断面の軽量な鋳型を回転させることにより作業の能率アップを計る事を目的として開発されたものである。(図-13)

4 まとめ

鋳型補修技術の開発は、製鉄所の鋳型原単価の低減への貢献及び昭和30年～40年代にかけての粗鋼生産量の増大に

より、補修量も増大し、当社の飛躍的発展の礎となってきた。

また、中国や米国等の海外への技術指導及び設備機械の輸出も行ってきた。

しかし、国内では昭和40年代後半になって連続鋳造設備という溶融状態から直接スラブ、ピレット等の半成品を製造する鋳型を必要としない技術が開発され、一部特殊鋼の生産以外は、全んど連鋳法に移行した。

現在では当社における鋳型補修という部門の生産高は全

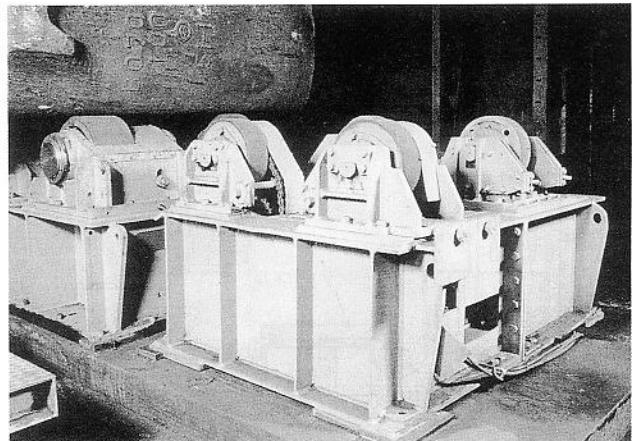
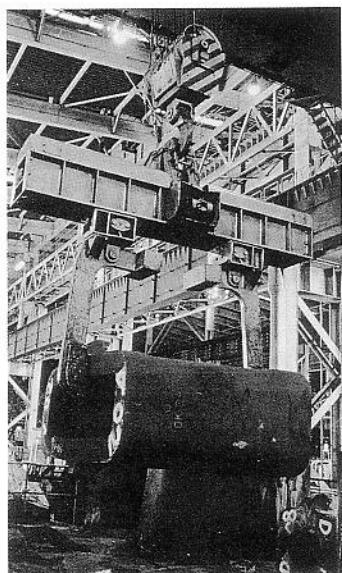


図-13 鋳型回転装置

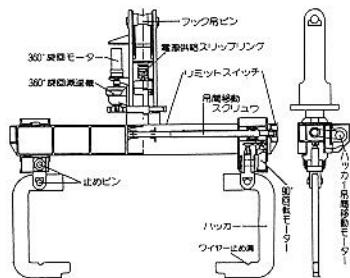


図-12 自動ハッカー AH-II

盛時の数%にとどまっており、鋳型機械は10台前後のみが稼働している状況となっている。この間、製鉄所内においては作業用材料ならびに保全予備品の補修あるいは現地工事に進出し、脱鋳型を図るべく、当社独自の各種のハードフェイシング技術を活用したロール、ローラの製作を行うとともに産業機械部門を新設し推進を図ってきた。鋳型修理機械の開発が産機事業部設計室の礎となり、また重切削作業等の技術は現在迄継承されている。

技術解説

製鉄プロセスロールのトライボロジー

溶接溶射技術開発室

加藤 治

Osamu Kato

1 トライボロジーとは何か

トライボロジーは未確立の、境界領域の科学技術である

トライボロジーという用語が英国で生まれて既に28年が経ち、かなり普及したので、その意味をあらためて説明するまでもないと思うが、要するに、物体が接触して相対的に運動、すなわち摩擦した時に生じる摩耗、肌荒れなどの表面現象を取り扱う科学、技術である¹⁾。このように、相手が単に「物体」であるからこの世にあるものは何でもよいし、接触状態は様々であるから、トライボロジーの対象は我々の身の回りに無数にあり、摩擦、摩耗は昔から極めて身近な親しみのある現象である²⁾。また、機械部品が力を伝達する時とか、物を加工する時には必ず表面を介さなければならぬのである。それなのに、トライボロジーを応用して摩擦、摩耗をより少なくしたり、望ましい程度にコントロールすることがこれ程難しいのはなぜであろうか。それはトライボロジーが決して体系化された単独の学問なのではなく、多くの科学、技術を組み合わせて、あるいはそれらを延長してしか存在し得ないからである。いいかえると、まず、機械力学、熱工学、物性科学、そして金属、セラミックスなどの材料学、さらに物理、化学などの基礎科学を十分に知らないとトライボロジーの世界に入ることができない。境界領域科学の最たるもののがトライボロジーであろう。このことがこれまで、頭脳優秀な多くの人々が世の期待に応えるべく、トライボロジー理論確立に、あるいはトライボロジー問題の理論的解決に挑戦しては失敗を重ねている所以もある。

今はまだトライボロジーに期待し過ぎてはいけない

トライボロジーには一時熱い視線が浴びせられたにもかかわらず、その複雑さの故に何時しか誰もが避けて通るような、あるいは片すみに放置された今まで進歩がないような感じになっている。しかし、1昨年には日本トライボロジー学会が発足して、今後他の学会との協調関係が次第に生まれてくることが予測される。また、全国的に研究開発予算の比率が増加しており、有用なテーマ選びに苦慮している情勢にあって、トライボロジー関連のテーマが注目されてトライボロジーが飛躍的な進歩を遂げる日がさほど遠くはないのではないかと、最近では期待がもてるようになった。

本解説では、読者の関心が高い製鉄プロセスロールのトライボロジーを取り上げ、それが誤解されることなく認識

され、かつその進歩のためにはどのように考えれば良いかを著者なりに概説してみようと思う。

2 製鉄プロセスロールの多様性

製鉄プロセスロールは多種類が、様々な使われ方をしている

上に述べたように、トライボロジーは非常に身近な問題であり、当社が作っている溶接、溶射あるいはCPC施工されたロール、ローラなどのはほとんどが耐摩耗用途である。しかも、製鉄機械部材が多い。多工程にまたがる製鉄プロセスで用いられるロールを総称して製鉄プロセスロールという^{3)~5)}。まずそれらを鋼製品別に見ると、薄板、厚板、条線、溶接管、継目無管があり、機能別では、搬送、支持、案内(ガイド)、グリッピング、および加工(圧延、矯正、巻取り、巻戻し)に分けられる。またこれらの使用環境は様々で、熱間、冷間、大気雰囲気、非酸化雰囲気、水蒸気雰囲気、および溶融金属中などがあり、それぞれに低面圧から高面圧まで、低すべり速度から高すべり速度まであり、さらに鋼材の種類が普通鋼からステンレス鋼まであるので、プロセスロールのトライボロジーは極めてバラエティに富んでいる。製鉄プロセスロールの種類を薄板プロセスを例にとって、表-1に示す。

表-1 薄板プロセスロールの種類

機能	名称
搬送	ランナウトテーブルロール ハースロール
支内	サイドガイドロール、サポートロール ラッパーロール、ユニットロール 形状検出計ロール、ステアリングロール、 シンクロール、ポットロール、トップロール ルーバロール、テンションロール、ディフレクターロール
グリッピング (張力付与)	ブライドルロール ピンチロール、プレッシャーロール、リンクロール
加工 (圧延、矯正、 巻取り、巻戻し)	ワーカロール(粗、仕上げ、調質圧延用) 中間ロール バックアップロール(粗、仕上げ、調質圧延用) スキンパスロール レベラーロール、ベンディングロール マンドレル、テンションリール、ペイオフリール コンダクターロール
通電	

製鉄プロセスロールは他産業のプロセスロールに比べて全般的に、接触面圧が高い、高温で使用されることがある、および水、水蒸気などの腐食環境で使用されることがあるなどの点で、トライボ環境としては過酷な状態に置かれており、一般に寿命も短い。そのために、溶接、溶射、メッキ、あるいはライニングなど種々の表面改良材がそれぞれに経験的に探し当てられて用いられていることが多い。

3 トライボ特性の評価

トライボ特性には必ず相手が必要

ある材料のトライボ特性とはそれを他の物体と摩擦した時の摩擦力の大きさおよび、摩擦の結果生じる表面損傷の程度をいう。摩擦力の大きさは通常、垂直荷重との比である摩擦係数で表現される。表面損傷とは摩耗、肌荒れ（焼き付きを含む）、およびピッティング、スポリーリングなどの表面疲労の総称である。ここで厳重に注意せねばならないのは、トライボ特性は材料固有の物性値ではなく、必ず相手材と摩擦条件とを指定せねば決まらないということである。従って、ある材料の摩擦係数が大きいとか小さいとかいうのは誤りであり、正しくは、他のある材料に対する、ある条件下での摩擦係数といわねばならない。相手が変われば、または摩擦条件が変われば摩擦係数は大きく変わるのである。

トライボ特性評価には実験がキーポイント

この摩擦係数というのがまた極めて誤解されやすい用語である。係数と呼ばれるのに定数ではなく、摩擦条件を一定にした場合でさえ摩擦中は常に変動している値なのである。その原因は摩擦力の不確定性にある。摩擦力がなぜ生じるのかという議論は学会で現在も続いている⁶⁾、両表面の凹凸のかみ合いと変形（プラウイング、カッティング、ウェッジング）⁷⁾、表層の塑性流動または破壊、果ては表面原子、分子間力まで多くの要因が関連すると考えられている。摩擦と摩耗は1対1に対応はせず、摩擦力の一部のみが摩耗に関連しているにすぎない。今までに摩擦力を理論的に求め得た例はない。摩擦中の表面状態は摩擦によって刻々変化するので、摩擦力が変動するのは当然なのである。外見上変化していないような表面でも、ミクロな形状、硬さなどの物性値、および酸化膜の状態などは必ず変わっている。以上のように、摩擦力の大きさは測定により求めらしかなく、しかも、測定条件と測定時点で異なるものであるということが理解できたと思う。

摩擦がこのようなものであるから、その結果生じる種々のトライボ特性を知るのも現在は実験に頼るしかなく、実験方法の選定は重要なポイントなのである。

トライボ実験法は自分で考え出さねばならない

トライボ特性を知るためにシミュレーション実験を考え

るのは適切ではない。というのは実機の摩擦条件をそのまますべて与えられる試験機はなく、厳密にはシミュレーションになっていないからである。そこで、知りたいトライボ特性毎にそれぞれ評価実験法を探し求めねばならない。この時に重要なことは、その特性を支配している要因を抽出することである。

最もポピュラなトライボ特性である摩耗についていうと、これまでに作られた試験機の種類は表-2のように沢山ある。しかし、ほとんどが実際の摩耗がどのようなものかにおかいなく、単に摩耗データを出すためだけのものである。また、結果がもっともらしい数値として出るので、これがその材料の物性値と誤解されることも多いが、前にも述べたように、摩耗は相手材と摩擦条件が変われば大きく変わるのである。結局は、既存の試験機をそのまま希望通りに使えることはまれである。

表-2 摩耗試験機の種類

すべり摩擦方式	ピンオンディスク 大越氏
	ファレックス式
	チムケン式
	アルメン式
	パウデンレーベン式
ころがり摩擦方式	西原式
	アムスラー式
	ASTM式(LFW-1)
	SAE式
	ポールオンディスク
	四球式

注) この他にも、研磨紙で摩擦するスガ式など、および油性評価のための摩擦試験機が多数ある。

摩擦の条件とはまず相手材の材質とその摩擦状態、接触面間の力、すべり速度、すべり距離または転動数、摩擦面温度であり、次に雰囲気（環境）である。摩擦状態にはころがりとすべり摩擦があり、その違いは、同じ面同士の摩擦が次々に更新される面との摩擦かという点である。同じ面との摩擦の場合には加工硬化とか表面疲労という現象を考慮せねばならない。そして、ロールの場合にはころがりに多少のすべりが加わったころがりすべり摩擦がほとんどである。

探し求める試験機がない場合に、上記のことを考えずに手近にある試験機を使用することが何と多いことか。間違ったデータを出すよりは何もしない方がまだましあろう。適合した試験機がないならばそれを自分で作るか改造せねばならない。

4 トライボ材料開発の考え方

トライボ材料の開発は経験、従来知識と勘だけではできない

耐摩耗性材料といえども、使用条件が変われば耐摩耗性を示さなくなる。また、どんな材料でも必ず摩耗するので、ある材料が満足され続けることはなく、人の欲望と同じように、常に摩耗の少ないものが求められる。トライボ材料を開発する時、どのように考えるべきであろうか。それにはまず、現用材料の種類とその使用条件を正確に把握し、次に、使用条件を解析して支配的要因を抽出する。さらに、その要因を織り込んだトライボ実験を考案して、現用材料と新材料の特性を比較評価することである。使用条件を解析するとは、表面温度の分布と時間的変化、表面に加わる力の分布と時間的変化、すべり速度、すべり距離、および、雰囲気である。

この時に重要なことは、2種以上の材料の特性順位が実機における順位と同じでなければならない。

このような手順を踏むには当然ながら相当の時間と費用を要する。数値解析、試験機の製作改造が必要であり、実機テストはチャンスが少ないのである。そこで大抵手抜きをすることになるが、それではトライボロジーの進歩にはつながり難い。

熱延ロールトライボロジーの例

プロセスロールの中でも製品の品質、コストを大きく左右するために特別扱いされることが多い圧延ロール、とりわけホットストリップミル仕上げ圧延機ワークロールのトライボロジーを例に取り上げてみる^{8) 9) 10) 11)}。このような加工プロセスロールは他のプロセスロールに比べてサイズが大きく、かつ接触面圧が一桁以上高いという特徴がある。

圧延ロールは圧延技術の進展および製品品質に対するニーズの変化に伴って材質が移り変わってきた¹²⁾。しかし、材質改善は実機テストにより、トライアンドエラー方式に頼って推進され、ロール特性が実験室で評価できたのは摩耗特性のみであった。当初、この摩耗をシミュレートしようと材料温度、接触面圧、すべり率のみならず、水冷による熱サイクルまでを実条件に合わせようとした試験機が試作された¹³⁾。圧延ロール表面が受ける摩擦条件は模式的に示すと、図-1のようである。ロール表面は圧延材との 10^{-2} ないし 10^{-3} 秒間の接触中に温度が上昇すると同時に、材料から垂直力を受け、さらに材料とのすべりによる摩擦力が正逆両方向に作用する。材料から離れてからは、水による急冷とバックアップロールからの高い接触応力を受け、このサイクルが数千ないし数万回繰り返される。

ここで考察された試験機は図のB点が受ける条件を転がりすべり摩擦で与えるアムスラー式摩耗試験機である。しかしよく考えてみると、材料に新生面がない、正逆のすべりがない、接触面圧がやや小さい、接触長と接触時間が短

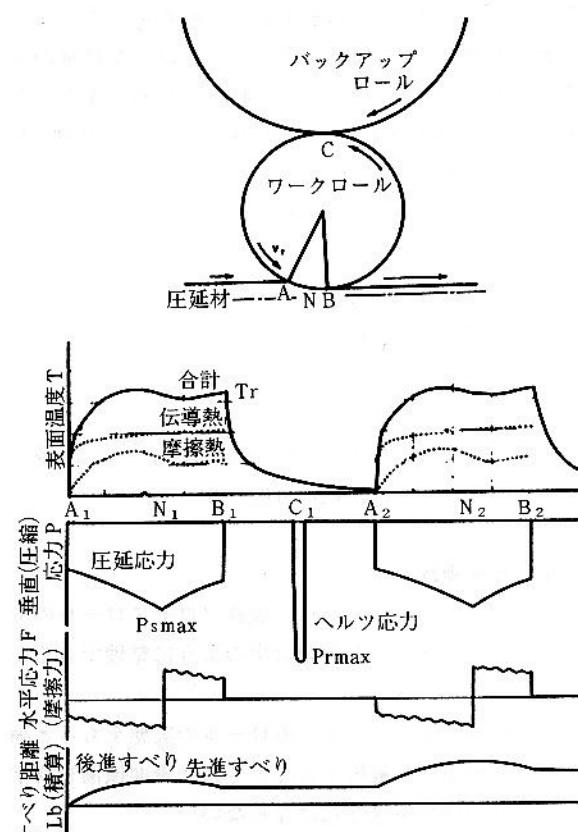


図-1 熱延ワークロール表面のマクロ的摩擦条件（模式図）

い、など多くの相違点があり、やはり正確にはシミュレーションとはいえないものである。

それにもかかわらずこれが大いに活躍したのは次の事情による。すなわち、試験機の開発と平行して、実ロールの摩耗が詳しく調べられた。その結果、この多くの実験条件を適当に組み合わせると、実ロールの摩耗がよく再現できることが明らかになったのである。すなわち、何種類かの材質の耐摩耗性が一致し、かつ摩耗表面のモルフォロジーが類似した。一例を図-2¹⁴⁾に示す。

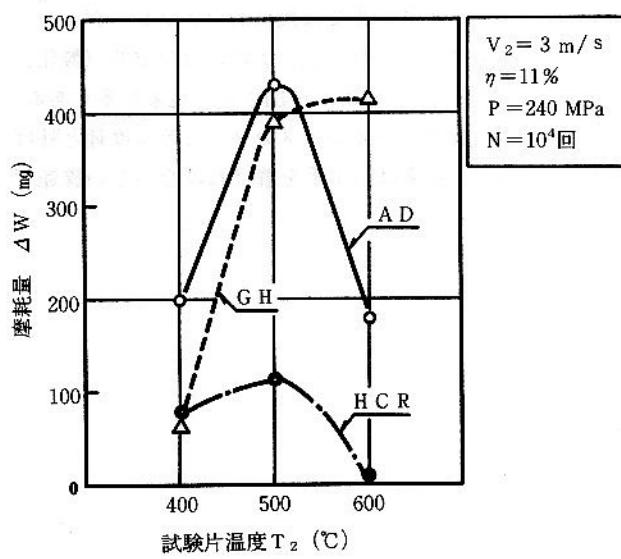


図-2 試験片温度と摩耗量の関係

周速度 v_2 , すべり率 γ , 接触面圧 P , 転動数 N を一定にし、試験片温度 T_2 のみを変えると、これほど摩耗量が変化するのであるが、それが500°Cの時に3材質つまり、アダマイト (A D), 高合金グレン (G H), 高クロム鉄 (H C R) の順位が実機と一致した。

これまでにはかなりの年月がかかった。というのは、ロールは圧延スタンダードごとに材質が定められており、かつ圧延条件が一定ではないので、異なるロール材質の同条件での耐摩耗性比較は通常困難であるからである。さらに、ロールの耐摩耗性評価は数か月以上使用してみると正確ではない。

このようにして適正な実験条件が見つかったので、種々の材質の高温摩耗特性の比較が可能となった。

5 今後の技術課題

これまで述べてきたことから、製鉄プロセスロールのトライボロジーに課せられた課題は次のように整理できるであろう。

- 1) 様々な使われ方をされているロールの実態をもっと調べ、その摩擦条件を解析するとともに、表面損傷を科学的に、ミクロ的に追求せねばならない。
- 2) その結果を基に、支配因子を抽出し、それを織り込んだトライボ実験法を考案して材料の評価をする。トライボ試験機をもっと色々作るべきである。
- 3) 同じ材質を平行して実機でも評価し、ラボ評価法にフィードバックせねばならない。また、実機データをもつと重要視して、いわゆるデータバンク的に管理するシステムを作るべきである。
- 4) トライボ試験機としてこれまでに摩耗に関する例は多いが、肌荒れ（焼付きを含む）に対するものは極めて少ない。定性的で主観が入りやすい肌荒れ現象の解析に体系的に取り組むべきである。
- 5) 摩耗についてもこれまでには機械的（アプレージョン）摩耗しか着目されていないが、実際には化学的（酸化、還元、固相反応など）作用が付加された現象が多くある。いわゆる腐食摩耗、あるいはメカノケミカル摩耗と呼ばれているが¹⁵⁾、将来は必ず手を着けねばならない課題であろう。



図2-12 摩擦係数と接触圧の関係

6まとめ

トライボロジーは科学、技術としてはまだ幼年期にあり、今後、各専門分野と協調して育てていかねばならない。

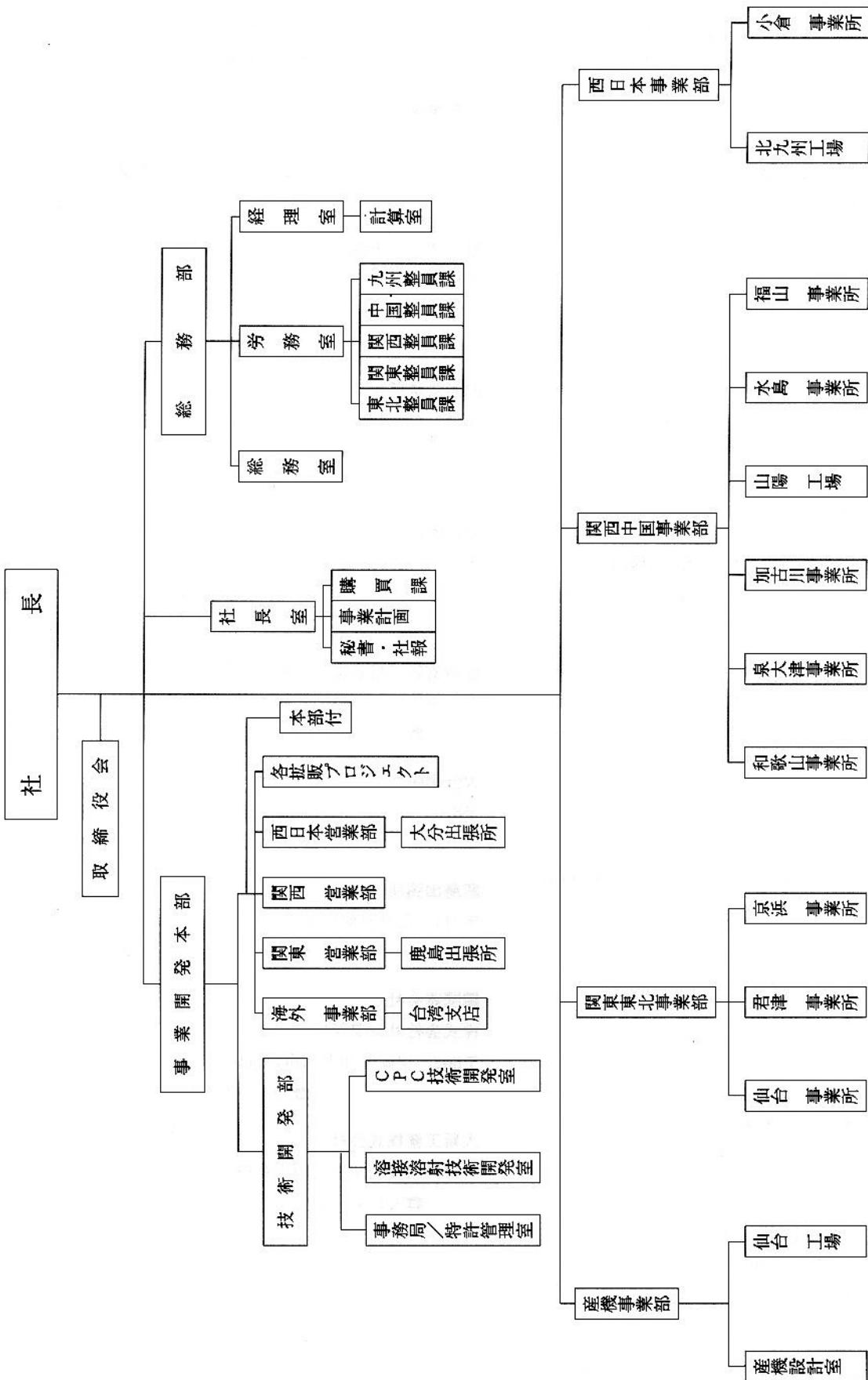
製鉄プロセスロールのトライボロジーについても、現在はケースバイケースに、ここで述べた基本に忠実に従って積み上げていくべき技術である。早急に成果を期待したり、革新的進歩を望むべきではない。しかし、宇宙さえ支配し得る人類にとってトライボロジーが永遠の課題とはとても思えないから、明るい未来が必ず到来するものと確信する。

参考文献

- 1) たとえば、木村好次、岡部平八郎：トライボロジー概論、養賢堂（1982）
- 2) 加藤康司：トライボロジスト、34-4 (1989)、p. 231
- 3) 外崎千代司：溶接技術、(1988-4)、p. 75
- 4) 岩崎好孝：高温学会誌、16 (1990)、p. 273
- 5) 笠井 聰、佐藤裕二、柳沢章博、市原 晃、大西 廣：川鉄技報、19 (1987)、p. 64
- 6) たとえば、中野 隆：トライボロジスト、39-5 (1994)、p. 387
- 7) 堀切川一男：トライボロジスト、37-10 (1992)、p. 799
- 8) 添野 浩、玉村建雄、赤堀公彦、末永 允、田中守通：日立評論、50 (1968)、p. 553
- 9) J. J. deBarbadillo : Iron & Steel Eng. (Jan. 1981), p. 63
- 10) 白岩俊男、松野二三朗、田頭 一：鉄と鋼、57 (1971)、p. 823
- 11) Osamu KATO, Hiroyasu YAMAMOTO, Matuo ATA-KA, Koe NAKAJIMA : ISIJ Int., 32 (1992), p. 1216
- 12) 木原諄二：鉄と鋼、80 (1994)、p. N386
- 13) 中島浩衛、大貫 煉、蓮香 要：昭和53年度春季塑性加工講演会論文集 (1978)、p. 181
- 14) 加藤 治、山本普康、阿高松男：CAMP-ISIJ, 4 (1991), p. 462, (1989), p. 495
- 15) 大谷南海男：鉄と鋼、65 (1979)、p. 556

織組營運 FUJICO

平成6年7月現在



■本社

〒804 福岡県北九州市戸畠区中原西2丁目18-12

☎093-871-3724(代)・FAX 093-884-0009
FAX 093-884-0048

■工場

仙台工場

〒989-02 宮城県岩沼市下野郷路新南長沼87-1

☎0223-24-2450・FAX 0223-29-2084

山陽工場

〒719-02 岡山県浅口郡鴨方町鳩ヶ丘1丁目1298番地

☎08654-4-5151・FAX 08654-4-5154

北九州工場

〒804-02 福岡県北九州市戸畠区牧山新町4-31

☎093-871-0761・FAX 093-882-0522

■事業所

仙台事業所

〒980 宮城県仙台市宮城野区港1丁目6-1

トーア・スチール株式会社仙台製造所構内
☎0222-58-4182・FAX 0222-58-4183

君津事業所

〒299-11 千葉県君津市君津1番地

新日本製鐵株式会社君津製鐵所構内
☎0439-52-0497・FAX 0439-52-0498

京浜事業所

〒210 神奈川県川崎市川崎区扇島1-1

NKK京浜製鐵所構内
☎044-288-5565・FAX 044-288-5563

和歌山事業所

〒640 和歌山県和歌山市湊町1850

住友金属工業株式会社和歌山製鐵所構内
☎0734-51-7076・FAX 0734-51-7076

泉大津事業所

〒595 大阪府泉大津市西港町18-14

株式会社淀川製鋼所泉大津工場内
☎0725-21-9182・FAX 0725-21-9151

加古川事業所

〒675-01 兵庫県加古川市金沢町1番地

株式会社神戸製鋼所加古川製鐵所構内
☎0794-35-0393・FAX 0794-35-5425

水島事業所

〒712 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目

川崎製鐵株式会社水島製鐵所構内
☎086-448-3035・FAX 086-448-3037

福山事業所

〒721 広島県福山市鋼管町1番地

NKK福山製鐵所構内

☎0849-41-0924・FAX 0849-41-0937

小倉事業所

〒803 福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地

住友金属工業株式会社小倉製鐵所構内

☎093-561-2081・FAX 093-561-2083

■営業部・出張所

関東営業部

〒105 東京都港区西新橋3丁目23-7司ビル2F

☎03-3434-4155・FAX 03-3434-4170

関西営業部

〒675 兵庫県加古川市別府町新野辺1525-2

加古川神鋼ビル

☎0794-35-1347・FAX 0794-35-5425

西日本営業部

〒804 福岡県北九州市戸畠区中原西2丁目18-12

☎093-871-3724・FAX 093-884-0009
FAX 093-884-0048

台湾支店（日商富士工股份有限公司）

高雄市中正二路93号5樓之2（白雲天廈）

☎001-886-7-222-4711・FAX 001-886-7-222-4741

大分出張所

〒870 大分県大分市松原町3-1-11鉄鋼ビル5F

☎0975-58-1257・FAX 0975-56-07894

鹿島出張所

〒314 茨城県鹿島町鉢形台2-1-12SKビル

☎030-24-00189・FAX 0299-84-0352

■関連会社

株式会社サンフジ

〒802 福岡県北九州市戸畠区中原西2丁目18-12

☎093-882-1619・FAX 093-881-3174

大新工業株式会社

大韓民国慶尚北道浦項市長興洞140-5（本社工場）

☎001-82-562-85-7024・FAX 001-82-562-85-5275

フジコ一技報—tukuru No.2 平成6年10月1日発行

発行人 山本 圭太郎

発行所 株式会社 フジコ一

技術開発部 事務局

〒804 北九州市戸畠区中原西2丁目18-12

Tel.093(871)3724 Fax.093(884)0009

印刷所 株式会社 サンフジ

〒804 北九州市戸畠区中原西2丁目18-12



シンボルマークは、富士山の形とフジコ一のFをデザイン化したものです。小プロックが右上がりにHOP、STEP、JUMPと飛躍、拡大していく状態を表現しております。