

# 呉工業試験場報告

No. 14

December, 1971

## 目 次

### 一 献 文

- |                                       |   |     |
|---------------------------------------|---|-----|
| 1. ノーガスアーク溶接におけるプロホールの発生について          | 片山義孝, 野地英治, 蒲田政信, 芳野光利                      | 1   |
| 2. フイスコ割れ試験の応用に関する研究                  | 野地英治  | 6   |
| 3. アルミニウム合金溶湯の脱ガスに及ぼす市販フラックスの効果について   | 内藤達也, 中村和清                                  | 13  |
| 4. 有機自硬性鋳型の常温性質におよぼす気温と砂の影響           | 原 信彦, 世良時夫                                  | 16  |
| 5. 球状黒鉛鋳鉄の高周波焼入におよぼす添加元素の影響           | 西川浩成, 馬場國利夫                                 | 22  |
| 6. 新しい生型砂試験法に関する一考察                   | 世良時夫  | 25  |
| 7. やすりの目切用たがねの耐久度について(その2)            | 横山宏樹, 丸山信行, 石田 節                            | 30  |
| 8. 輸出用やすりの切削性能について                    | 鈴木 寛, 石田 節, 新田 明                            | 35  |
| 9. 輸出用やすりの焼なましについて                    | 丸山信行, 鈴木 寛                                  | 39  |
| 10. やすりあたりによるかたさの判別について(その2)          | 丸山信行, 石田 節                                  | 42  |
| 11. 手鑿針の弾性について                        | 加城正義  | 45  |
| 12. 長石粉分級過程において排出される水中懸濁物の活用研究        | 藏本範雄, 浜岡英男                                  | 49  |
| 13. 砕石ヘドロの活用実験について                    | 金本 正  | 53  |
| 14. 機械構造用鋼の仕上面あらさが機械的性質におよぼす影響        | 兼広二郎, 新田 明, 岡崎 暁, 小林賢治                      | 56  |
| 15. ゼオライトによる各種有害ガスの吸脱着に関する研究<br>(その2) | 好満芳郎, 山原康男, 永富 精                            | 59  |
| 16. 快削性添加物の被削性への影響                    | 正岡 忠, 片岡 豊, 松垣和生, 吉池啓信,<br>山崎隆志, 南良良治, 脇 一雄 | 65  |
| 17. 目置し条件と砥石寿命について                    | 南良良治, 吉池啓信, 中植武之, 松垣和生                      | 89  |
| 18. 研削加工条件と砥石寿命について                   | 南良良治, 吉池啓信, 松垣和生                            | 94  |
| 19. 試作した切削動力計                         | 片岡 豊, 吉池啓信                                  | 100 |

# 半自動溶接に関する研究 (第2報)

—ノーガスアーク溶接におけるプロホールの発生について—

片山 義孝, 野地 英治  
 蒲田 政信, 芳野 光利

## 1 緒 言

ノーガスアーク溶接は、開発後日の浅いにもかかわらず、その使用範囲が急激に拡大されつつある。

しかしながらこの溶接法に対する安易な考えや、溶接施工条件の選定のあやまちなどから、溶着金属に種々の欠陥が発生する場合が極めて多く見受けられる。特にプロホールの発生による機械的性質の劣化が目立っている。そのためわれわれは先ずこのプロホールの発生範囲を明示して、溶接施工上の参考とし、プロホールの在界しない良好な溶接部を得るための研究を行うことにした。

## 2 実験方法

### 2.1 装置および試験材料

本実験に使用したアーク溶接機は、300A 交流溶接機で、ワイヤは市販のノーガスアーク溶接用複合ワイヤで、その径は 2.4mmφ のものを完全乾燥して使用した。溶接作業は溶接速度、突出し長さ、保持角度などの諸条件を一定に保つために、自動ガス切断機の走行装置を改良して全自動で行なった。

被溶接材料は S S 41 材で実作業を考慮して、黒皮のままのものを使用し、大きさは 100×750×9mm とした。

### 2.2 実験方法

ノーガスアーク溶接研究のための施工条件は従来の資料<sup>1)</sup>を参考にして、電流と電圧の関係とトーチの保持角度、溶接電流と突出し長さの関係、溶接電流と溶接速度の関係などがプロホールの発生におよぼす影響を、更に具体的に明示することにした。

#### 2.2.1 溶接電流に対する電圧の設定

各電流に対する電圧の設定は、先ず手動によりアークを発生し電圧を変動させてワイヤが母材に突込む電圧を調べ、その値より 1 ボルト高い電圧を最低値とした。

その値から 2 ボルトおきに高くし 5 段階とした。

各電流と電圧の関係は表 1 の通りである。

#### 2.2.2 突出し長さ

突出し長さは実作業ではややもすれば短くなり勝

表1 電流と電圧の関係

電流(A)	電 圧 (V)				
	19	21	23	25	27
100	19	21	23	25	27
150	22	24	26	28	30
200	23	25	27	29	31
250	24	26	28	30	32
300	25	27	29	31	33

あり、その結果多くのプロホールが発生している。

その状況を明示するために最底長さを 10mm とし 20mm, 30mm, 40mm, 50mm の 5 種類とした。

#### 2.2.3 トーチの保持角度

溶接用トーチの保持角度は、母材に対して鉛直とし、進行方向にそれぞれ 90°, 70°, 60°, 50° とした。

#### 2.2.4 溶接速度

溶接速度の変化がプロホールの発生におよぼす影響を見るため、毎分 200mm, 250mm, 300mm, 350mm, 400mm とした。

## 3 実験結果と考察

### 3.1 溶接電流と電圧の関係

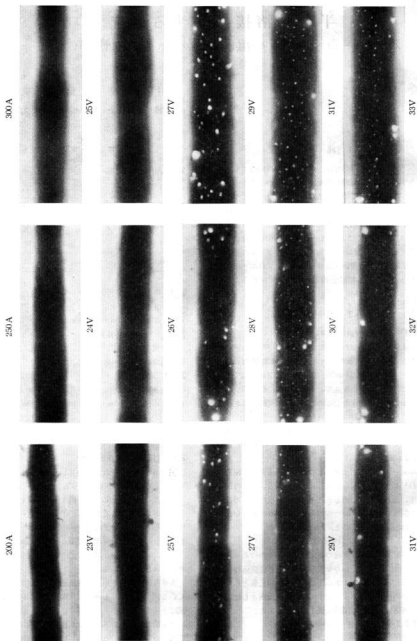
表 1 の電流と電圧により溶接した資料をビード長さを 100mm に切断し、X 線透過写真に撮り 其中にあるプロホールを数で現わしたのが図 1 である。

これから見ると各電流とも、アーク安定範囲の最低電圧値から 2~3 ボルト高目の間にはプロホールの発生が少なく、それ以上の電圧になると急激に増加している。また、ビード外観、スラッグの包被状況を見ても電圧の低いほど良好である。

各電流値に対する適正な電圧範囲は、すでに発表されているデータよりも狭く、低電流値においてはさらに狭まっている。

本実験ではノーガスアーク溶接の健全性には、さほど影響をおよぼさないとされている黒皮を除去しないで

写真1 電流、電圧とフロホールの関係



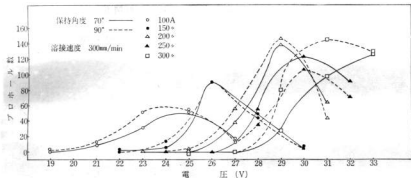


図1 電流、電圧と保持角度がプロホールに及ぼす影響

行なったためか、あるいは溶接用ワイヤの性能の影響なのか、今回は探求できなかったがいずれにしても、ノーガスアーク溶接を採用する場合は、電圧の値を十分に管理する必要がある。

図2は上記のプロホールを銅溶接部の放射線透過試験方法および透過写真の等級分類方法 (JIS Z 3104) で判定し、適正な電圧範囲を示したものである。

写真1は下向平板1層溶接ビードのプロホールにおよぼす電流、電圧の影響のX線写真である。

## 2.2 突出し長さの影響

ワイヤの突出し長さが適当であれば、ワイヤの抵抗熱によりフラックス中の水素量の減少などで、溶着金属中のプロホールが発生しがたくなるので、ワイヤの蛇行、アークが不安定にならない程度に長くすることが望ましい。本実験での突出し長さ10mm~50mmの範囲内では、高電流域でその影響が顕著に現われた。

その結果を図3に示した。

図3から見ると電流値200アンペア以上では突出し長さ40mm、50mmは無欠陥で、ワイヤの蛇行、アークの不安定は認められなかった。

突出し長さ30mm以下ではプロホールが発生し、特に20mm以下はその発生が著しい。また電流域に発生状況を見ると、高電流ほどその影響が大きく、短くした場合数の増加とともにその大きさが大きくなっている。

低電流域では、その影響は比較的小さく、突出し長さに関係なくプロホールが発生し、大きさは高電流域より小さくなっている。

原因はアークの不安定にもよると思うが、電流に対する適正な電圧にすれば突出し長さの増加にともなってプロホールの発生は防げると思われる。

以上の結果からプロホールの発生を防ぐための適正な

長さは40mm~50mmであり、特に高電流域ではその点に注意を払う必要がある。

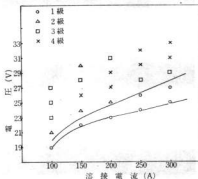


図2 電流、電圧がプロホールにおよぼす影響のX線判定結果

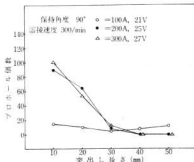
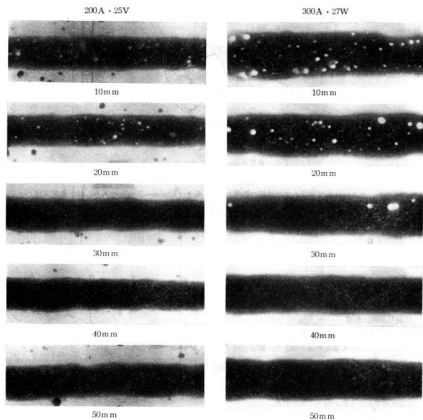


図3 突出し長さとプロホールの関係



写真2 突出し長さとプロホルの関係



本実験に使用したワイヤの乾燥は完全であったが、実作業の場合乾燥が不十分であったとしたら、突出し長さの影響はさらに厳しくなるものと思われる。

図4は放射線検査による判定結果別から突出し長さの限界を示したものである。

写真2は突出し長さとプロホルの関係のX線写真である。

### 3.3 トーチの保持角度

トーチの保持角度を変えて溶接した結果を図5、6に示した。図5は条件別にプロホル数で整理したものであるが、高電流域(250A, 300A)では50°~90°の範囲での保持角度の影響は認められなかった。

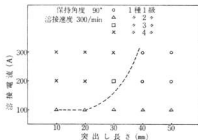


図4 突出し長さによるX線判定結果

低電流域ではその影響が現われているため、極端に傾むけるのは好ましくない。

以上の結果をX線写真で判定したのが図6である。

全体的には保持角度による顕著な影響は認められないが、実作業では作業性や溶接性を重視して70°~80°位に保つのが良いと思われる。

### 3.4 溶接速度の影響

プロホールの発生におよぼす溶接速度の影響を図7、8に示した。

図7からも明らかなように、溶接速度の影響は殆んど認められず、図8のX線写真の判定によっても本実験の範囲内では絶て1線1線であった。

以上のことから溶接速度は、ビード外観、ビード巾、溶込み、入熱などに影響を与えるものであり、プロホールの発生にはあまり関係がないようである。

## 4 結 言

プロホールの発生を防止するために、各種の条件で検討を加えた結果、次のことに注意すればプロホールの発生を軽減できるものと思われる。

1. 溶接電流に対する電圧の選定は、プロホールの発生に与える要素が非常に大きい。

適正な電圧は若干高目の電圧でアークを発生させ、後に電圧を下げて行きワイヤが母材に突込む状態から、1ボルトから3ボルト位の高目の範囲が良い。

それ以上高くすると急激にプロホールが発生する。

この結果から適正な電圧範囲は可成り狭められており、それだけに慎重な電圧調整が望まれる。

2. 突出し長さは100アンペアではあまり影響が現われなかったが、電流値が増大するにしたがって顕著になっている。突出し長さの適正な長さは40mm~50mmの範囲であり、高電流で作業する場合には特にこの限界を守る必要がある。

3. 適正条件におけるトーチの保持角度は、手溶接と同様若干たおしてもよいが、極端な保持角度は禁物である。

本実験結果ではその角度は60°位いまで、それ以上たおした場合はプロホールが発生した。

またこの現象は電流値の低いほど影響が大きくなるので注意する必要がある。

4. 溶接速度は完全な溶接部を得るための重要な要素であるが、本実験で行なった溶接電流200アンペア以上、溶接速度300mm/min~400mm/minの範囲では、プロホールの発生には殆んど影響は見られなかった。

極端な溶接速度は別として、その選定は溶接部の状況に応じて適当に行くと良い。

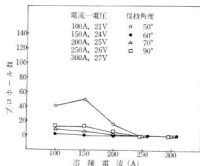


図5 トーチ保持角度とプロホールの関係

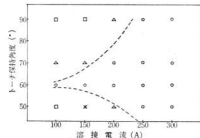


図6 保持角度によるX線判定結果

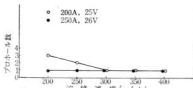


図7 溶接速度とプロホールの関係

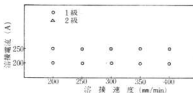


図8 溶接速度によるX線判定結果

## 文 献

- 例 鈴木：炭酸ガスおよびノーガスアーク溶接，産報（1970）454。  
八幡溶接棒機：全姿勢ノーガスアーク半自動溶接マニュアル，研A277（1969）4。

# フィスコ試験の応用に関する研究

野 地 英 治

## はじめに

本研究は科学技術庁金属材料技術研究所において発想され、その指導の下に、当所で行なったものである。本研究を行なうに当たり、有益な助言と御指導を賜った金属材料技術研究所、溶接研究部長稲垣道夫博士、および村松由樹技官に対し、深甚の謝意を表します。

## 1. 緒 言

高張力鋼の溶接割れは、高張力鋼の溶接性の中でも最も重要な問題の一つであり、今迄に割れの研究のために数多くの試験方法が提案されてきた。割れは大別すると高温割れと低温割れがあり、高温割れ試験法として、フィスコ試験等が用いられ、低温割れ試験用にはロ開先または鉸めY開先のスリット形拘束割れ試験などが工業的に使用されている。また近年溶接割れにおよぼす拘束の影響を定量的に調べるために TRC 試験や RRC 試験などの拘束形割れ試験法が提案され、それら各種の試験法を用いて研究された報告が数多くある。<sup>1)</sup>

それらの割れ試験の中で、従来から高温割れ試験用として簡便で、再現性に富みかつ試験片が経済的という利点をかね備えたフィスコ割れ試験法に着目し、今回その標準巾および締付力を変えることによって、拘束状態を

変化させ、最終拘束応力と遅れ破壊現象との関係を求め、低温割れ試験用として簡便な割れ試験方法を確立するために、フィスコ割れ試験の検討を行なった。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試験鋼および溶接棒

本実験に使用した鋼板は60キロ級高張力鋼で、その板厚、化学分析値および機械的性質を表1に示した。使用溶接棒は市販の60キロ級高張力鋼用低水素系溶接棒であり、その全溶着金属の化学分析値および機械的性質を表2に示した。鋼板は試験前にトリクロルエチレンにより開先を充分清浄にし、溶接棒は所定乾燥条件(約350°Cに1時間加熱)により乾燥した後、溶接棒保存用乾燥炉に約150°Cの温度に保存したものを使用した。

### 2.2 試験片およびフィスコ割れ試験装置

試験片は図1に示すごとく、板厚22mm、幅150mm、長さ110~125mmの鋼板2枚を1組とし、開先形状は母材のルート割れ感受性の高い、斜めY開先とし、加工はガス切断による熱影響部をさけるため、すべて機械加工で仕上げた。ルート間隔は2mmになるように継手の両端を仮付けした。インサートは今回の試験には用いなかった。従来から行なわれている標準のフィスコ割れ試験装置は標準巾120mmで、その標準の上に試験片を置き、

表1 供試験鋼材の化学組成および機械的性質

鋼 種	板厚 (mm)	化 学 組 成 (%)							機 械 的 性 質*		
		C	Si	Mn	P	S	Cr	V	降 伏 点 (kg/mm <sup>2</sup> )	引 張 強 さ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%) G.L.=50 mm
HT60	22	0.14	0.41	1.33	0.017	0.008	0.22	0.06	48	61	33

\* JIS Z 2201—1956 4号試験片

表2 供試験溶接棒による全溶着金属の化学組成および機械的性質

棒 種	棒径 (mm)	化 学 組 成 (%)								機 械 的 性 質**		
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	降 伏 点 (kg/mm <sup>2</sup> )	引 張 強 さ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%) G.L.=50 mm
D6016	4	0.07	0.68	0.98	0.015	0.014	0.54	—	0.24	56.8	66.3	28.6

\*\* JIS Z 3111—1964 A1号試験片

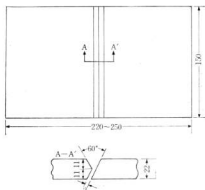
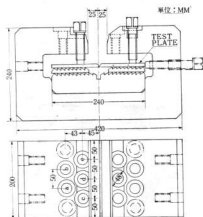


図1 溶接試験片

締付けボルトで上方より締めつけて外的拘束を与えていた。本実験では標準の歯歯巾120mmに加えて新たに製作した巾30, 60および90mmの歯歯を併用して、その歯歯を試験片と従来の歯歯の間に挿入し上方よりボルトで締め付けた。このフィスコ割れ試験拘束治具を図2に示した。このように歯歯巾を変化させることにより4段階の拘束力を与え、さらに一部ボルトの締付け力を変えた場合の拘束応力を求めた。歯歯巾、歯歯間隔、締付けボルトの本数および締付け力を表3に示した。従来のフィスコ割れ試験は200mm幅の試験片を合計14本のボルトで締め付けて断続溶接を行なうが、本実験では連続溶接で行なったため規定寸法の試験片を溶接するには溶接棒が短か



※ 2点破線部は本実験には使用せず

図2 フィスコ割れ試験拘束治具

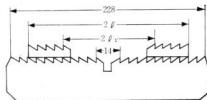
すぎ、やむなく試験片巾を短くした。締付けボルトの本数が少なくなったのはそのためであり、また歯歯巾30mmの場合のみボルト数を合計4本としたのは他のボルトは歯歯上に位置しなかったためである。

### 2.3 実験装置および試験方法

溶接割れ試験を行なうに際しては写真1に示したような自動被覆アーク溶接装置を用い、電流170アンペア、電圧27~30ボルト、溶接速度 150 mm/min の標準条件で連続溶接を行なった。TRC 試験や RRC 試験結果を

表3 各種拘束条件

拘束条件 記号	歯歯の位置 (図を参照)		歯歯幅 ( $f_1 - f_2$ ) (mm)	締付けボルトの位置 (図2による)	ボルト1本あたりの締付け力 (kg-cm)	拘束時間 (h)
	$2f_1$ (mm)	$2f_2$ (mm)				
A	—	—	—	—	—	—
B	200	160	20	a, b	1200	24
C	222	120	51	a, b, c, d, e	1200	24
D	228	60	84	a, b, c, d, e	1200	24
E	228	28	100	a, b, c, d, e	1200	24
F	228	28	100	a, b, c, d, e	2400	24



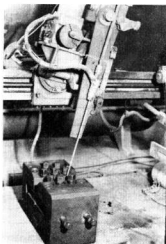


写真1 自動被覆アーク溶接試験装置とフィスコ割れ試験拘束用具

みると溶接割れ（いわゆる遅れ破壊）発生時期はほとんど溶接後15~20時間内であると報告されているので、<sup>23</sup>本実験では拘束時間を24時間とした。また歯面巾の相違によるボンドの冷却速度の違いを測定するため溶接ビードの長手方向の4箇所において、溶接金属中に丁度溶け込むように0.3mm径のアルメル・クロメル熱電対をスポット溶接であらかじめ試験片にさし込み、その熱サイクルをペン書きオシログラフに記録し比較検討を行なった。また一部50°Cの予熱を加えて溶接したが、予熱方法はガスバーナーで試験片全体が均等に所定温度になるまで数回くり返し加熱した。

#### 2.4 収縮量の測定と拘束応力の求め方

溶接による収縮および拘束開放後の収縮量を測定するため試験片のスタート側とクレーター側両側面に、試片開先を中心として両側20, 40, 60, 100および200mmの位置（板厚方向には中央部）に1.6mmφのコンタクトボールを打込み、コンタクトタイプストレインゲージにより溶接前、拘束解放直前、拘束解放後の3回にわたって、1/1000mmオーダーで収縮量を測定した。一方拘束解放時の収縮量から最終拘束応力を求めるため、同一溶接条件および無拘束の下で溶接した試験片の引張試験を行ない、得られた応力—伸びの関係より最終拘束応力を求めた。この引張試験の結果を図3に示した。なお引張試験片の伸び測定は上述と同じ方法で標点距離のみ10mmおよび200mmの2点とし、図3における伸び量はスタート側とクレーター側両側面の平均値である。

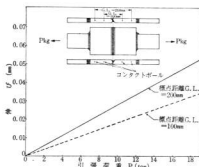


図3 溶接試験片の引張試験による荷重と伸びの関係

ここで問題となるのは、引張試験による方法とフィスコ試験装置による方法とではその応力分布が異なると考えられるので、引張試験によって得られた応力—伸びの関係をそのままフィスコ試験片にあてはめる事は出来ない。そこで拘束解放によって生ずる収縮量と引張試験との関係について解析する。

#### 2.4.1 フィスコ試験の拘束状態と引張試験荷重中の応力分布の違い

##### 引張試験の場合

応力は全長に渡って均一

##### フィスコ試験の場合

応力は一番内側の歯面内で均一。そこから一番外側の歯面まで直線的に減少する。

すなわち応力分布は引張試験で

$$\sigma = \sigma_0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

フィスコ試験では

$$0 \leq x < l_1 \text{ の場合 } \sigma = \sigma_0 \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$l_1 \leq x < l \text{ の場合 } \sigma = \sigma_0 \left( \frac{-x}{l-l_1} + \frac{l_1}{l-l_1} + 1 \right) \quad \dots \dots \dots (3)$$

となり、この関係を図4に示した。

#### 2.4.2 溶接部に同じ応力 $\sigma_0$ を与えた時の拘束解放による収縮量の違い(ただし $\sigma_0$ は弾性範囲)

引張試験では

$$dl = \frac{2}{E} \int_0^x \sigma_0 dx = \frac{2}{E} \sigma_0 x \quad \dots \dots \dots (4)$$

フィスコ試験では

$$0 \leq x < l_1 \text{ の場合 } dl' = \frac{2}{E} \int_0^x \sigma_0 dx = \frac{2}{E} \sigma_0 x \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$l_1 \leq x < l \text{ の場合 } dl' = \frac{2}{E} \int_{l_1}^x \sigma_0 \left( \frac{-x}{l-l_1} + \frac{l_1}{l-l_1} + 1 \right) dx + \frac{2}{E} \int_0^{l_1} \sigma_0 dx$$

$$= \frac{2}{E} \sigma_0 \frac{-x^2 + 2lx - l_1^2}{2(l-l_1)} \quad \dots\dots(6)$$

(ただしEはヤング率)

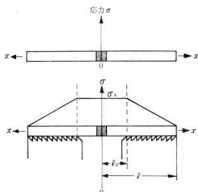


図4 フィスコ試験の拘束状態と引張試験荷重中の応力分布の違い

従ってフィスコの場合収縮量は標点距離が長くなるにしたがって  $x=l_1$  までは直線的に増え、 $l_1 \leq x < l$  では  $x=l$  を頂点とする放物線状に増える。

引張試験の結果からフィスコ試験の拘束応力を求めるには、以上の点を考慮してフィスコで得られた収縮量を補正しなければならない。

#### 2.4.3 収縮量の補正

$0 \leq x < l_1$  の場合、両者は同じ応力状態であるから補正の必要はない。

$l_1 \leq x < l$  では

$$\begin{aligned} \text{補正値} &= \frac{dl}{dl'} \times (\text{フィスコで得られた収縮量}) \\ &= \left\{ \frac{2x(l-l_1)}{-x^2 + 2lx - l_1^2} \right\} \\ &\quad \times \text{フィスコで得られた収縮量} \quad \dots\dots(7) \end{aligned}$$

となる。すなわち両者の収縮量の関係は溶接部に与える応力値が同じであれば、その応力値には無関係に、歯巾巾とそれを置く位置によってのみ決まる。

表4 引張試験とフィスコ試験の関係に対する補正係数

歯巾巾 (mm)	$l_1$ * (mm)	$l$ * (mm)	補正係数 標点距離(10mm)	補正係数 標点距離(20mm)
30 (20)	80	100	1,000**	1,111
60 (51)	60	111	1,000**	1,186
90 (84)	30	114	1,050	1,411
120(108)	14	114	1,149	1,588

\* 図4による \*\* 直線部分 ( ) 内: 実寸法

本実験に用いた歯巾と  $l_1$ ,  $l$  および補正係数を表4に示した。以上の考え方にもとづき、引張試験によって得られた図3の応力-伸びの関係と表4に示した補正係数より、フィスコ試験片の最終拘束応力を求めた。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 歯巾巾の相違による冷却速度の違いとその影響

高張力鋼の溶接低温割れに影響を与える因子は溶接部の組織、拘束応力、水素が主なものである。本実験ではフィスコ試験装置の歯巾巾を変えて拘束応力を変化させ、最終的に拘束応力と割れの関係を求めることを主目的としているが、歯巾巾を30, 60, 90および120mmに変化させることによって当然歯巾への熱伝導量が相違するため溶接部の冷却速度が異なってくる。そのため組織変化、水素量の違いが考えられる。そこで各種歯巾巾におけるボンド部の冷却速度を測定した。その結果の一部を図5に示した。溶接部の組織や硬さは800°Cから500°Cまでの冷却時間によりほぼ一義的に定められ、また300°Cにおける冷却速度が低温割れと密接な関連があると考えられている。<sup>3)</sup>

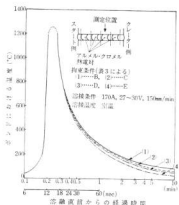


図5 各種拘束条件におけるボンド部の溶接熱サイクル

図5より各種歯巾別による800°Cから500°Cまでの冷却時間を求めると、すべて9.5秒から10.0秒内におさまっている。また各種歯巾別によるボンド附近の組織を顕微鏡写真により比較検討した結果、歯巾巾の相異による組織の違いは認められなかった。組織写真の一例を写真2に示した。

800°Cから300°Cまでの冷却時間を比較すると、歯巾巾120mmで29秒から32秒、30mmで33.5秒から36秒

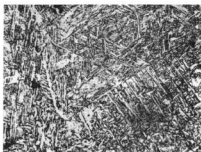


写真2 60キロ級高張力鋼Y関先拘束割れ試験片の  
ボンド近傍の熱影響部組織 (×400)

とやや差が出ており、冷却速度による水素量の違いがルート割れ発生に影響をおよぼす事が考えられる。しかし後にのべるように、断面巾90mm以下における拘束応力は、本実験に使用した60キロ級高張力鋼に対して非常に小さく割れ発生は認められなかった。この結果は応力が低い事が主原因であり、冷却速度の違いによる水素量の多少は無視出来ると判断した。しかしながら低応力で遅れ破壊が生じやすい70キロ級以上の高張力鋼となるとこの程度の冷却速度の違いをも無視出来なくなる可能性がある。

### 3.2 拘束解放後の収縮量

断面巾および締付力を変えて拘束解放後の収縮量を測定した結果を図6に示した。いずれの場合もスタート側よりもグレーター側の方が拘束解放後の収縮量が多く、したがって前接部にかかる拘束応力もグレーター側の方が大といえる。又標点距離の比較的短い60mm以下においては測定結果がかなりばらつくようである。本実験において標点距離100mmおよび200mmの収縮量より最終拘束応力を求めたのはそのためである。

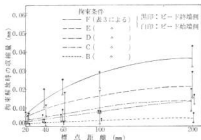
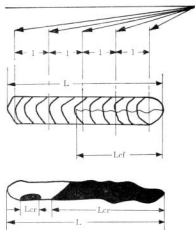


図6 拘束条件による解放時の収縮量の変化

### 3.3 最終拘束応力と割れ

割れの程度は通常溶接ビードの全長に対する割れ長さ、または肉厚に対する割れ高さの比で表わされている。<sup>4)</sup>この報告においても図7に示した3種類の割れ率で拘束応力と割れとの関係を求めた。ルートおよび表面における割れ率は割れをビードの長さ方向に沿って投影したときの合計長さのビード全長に対する比率、または5断面の割れの状態から推定した。ビード横断面における割れ率は等間隔の5断面における割れ高さのビード肉厚に対する比率を平均した値である。割れ検査および長さの測定は顕微鏡により行なった。

本実験で認められた割れはほとんどルートの鈍角をなす側から熱影響部に発生したルート割れであり、ボンドにそって熱影響部を進行中には途中から溶着金属中へ折れ曲がり表面まで達したのもあった。その代表例



表面における割れ率:  $\Sigma L_{ef}/L \times 100\%$   
 ルートにおける割れ率:  $\Sigma L_{er}/L \times 100\%$   
 横断面における割れ率 (5横断面の  
 平均値):  $H_c/H \times 100(\%)$

図7 各種割れ率の求め方

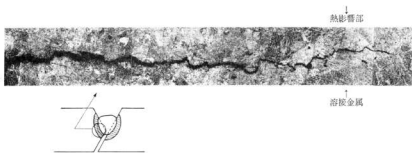


写真3 60キロ級高張力鋼溶接先拘束割れ試験片のルート割れ(×50)

を写真3に示した。この割れの発生機構についてはすでに橋垣、中村、鈴木氏などにより詳しく解析されているとおりである。また本実験においては比較的応力低力で割れが発生した。ルート割れの詳細な検討を行なう場合にはルート部における局所的な応力状態を知る必要があるが、ルート部のミクロ的な形状は複雑であり局所的な応力状態は求めにくい。したがって溶接部にかかる拘束応力を巨視的に平均引張応力で整理する以上、多少のバラツキが生じたり、限界応力以下でも割れが発生するという結果も考えられることである。ちなみに溶接部断面の形状を顕微鏡で詳しく観察すると、割れが発生した多くの試料は鋭角をなすルート部に応力集中が大となる形状、すなわちビード底面と開先角とのなす角度が小さくなっているものが多かった。

実験方法の項にすでに述べた引張試験により得られた図3の応力-伸び線図と表4に示した補正値を加えて図6の拘束解放後の取縮量にあてはめると各種橋巾における拘束荷重が求まる。さらに得られた拘束荷重を溶着金属の断面積で割れば平均拘束応力が求まるわけであるが、溶着金属の断面積を出すにあたっては全試験片の5断面ののど厚を測定し、その平均のど厚×溶接長で断面積を出した。この方法だと当然誤差が予想されるが、誤差を計算した結果最大0.66 kg/mm<sup>2</sup>でありさほど問題にならないと判断し、平均のど厚は5.5 mmの値で計算した。

図6、図3の結果を表4の補正係数を掛けて計算すると、ボルトの締付力を2400 kg-cmとほとんどトルクレンチの能力いっぱいまで締付けた場合には平均引張応力は約21 kg/mm<sup>2</sup>～25 kg/mm<sup>2</sup>まで達したが、ボルトの締付力を1200 kg-cmに一定とした場合、橋巾巾30 mmで平均応力は約2 kg/mm<sup>2</sup>、橋巾巾60 mmで約5 kg/mm<sup>2</sup>～7 kg/mm<sup>2</sup>、橋巾巾90 mmで約7 kg/mm<sup>2</sup>～8 kg/mm<sup>2</sup>、橋巾巾120 mmで約12 kg/mm<sup>2</sup>～14 kg/mm<sup>2</sup>と比較的低応力であった。

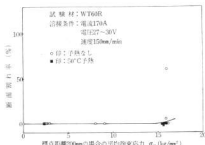


図8 最終拘束応力と割れ率

以上に結果より、最終拘束応力と割れとの関係を図8に示した。

本実験の着眼点であった橋巾巾を変化させることによって得られる拘束応力がこの程度の低応力であれば橋界応力値の高い材料に応用するにはやや不適当と考えられ、同時に高応力を得る方法が望まれる。

#### 4. 結 言

高張力鋼の低温割れ試験用として簡便に拘束を変化し得る割れ試験方法を確立するために従来から高温割れ試験用に用いられているフィスコ割れ試験法に着目し、その応用実験を行なった。

本実験の結果得られた結論をまとめると次のようになる。

(1) 橋巾巾を30, 60, 90および120 mmと変化させた時の溶接部の800°Cから500°Cまでの冷却時間はいずれも、9.5秒から10.0秒内におさまっており、また800°Cから300°Cまでの冷却時間も著しい差はない。

60キロ級高張力鋼を試験材とする場合は橋巾巾の違いによる溶接熱サイクルの冷却過程の差が割れに与える影響は無視できると考えられる。しかし70キロ級高張力鋼



以上になると無視できない可能性がある。

(2) 拘束解放後の収縮量はスタート側よりもクレーター側の方が大きく、したがって拘束応力もクレーター側の方が大である。

(3) ボルトの締付力を1200 kg-cmと一定にした場合、槽歯巾30 mmにおける溶接線をはさんで標点距離100～200 mmの範囲では平均拘束応力は約2 kg/mm<sup>2</sup>、同様に槽歯巾60 mmでは約5 kg/mm<sup>2</sup>～7 kg/mm<sup>2</sup>、槽歯巾90 mmで約7 kg/mm<sup>2</sup>～8 kg/mm<sup>2</sup>、槽歯巾120 mmで約12 kg/mm<sup>2</sup>～14 kg/mm<sup>2</sup>であり、フィスコ試験装置の締付けボルトをほとんどトルクレンチの能力いっぱい(2400 kg-cm程度)に締めると平均引張応力は約21 kg/mm<sup>2</sup>～25 kg/mm<sup>2</sup>まで達する。

(4) フィスコ割れ試験拘束治具の槽歯巾を変化させることによって拘束応力と遅れ破壊の関係を求めるには、槽歯応力値の高い材料に応用するのは現在のところやや不適当であり、今後高応力を得る方法が望まれる。

## 参 考 文 献

- 1) 例 鈴木, 村瀬, 中村: 原子炉用オーステナイト系ステンレス鋼の溶接割れに関する研究(第1報) 金材報告 2 (1959)  
鈴木, 稲垣, 中村: 引張拘束割れ試験 (TRC 試験) による高張力鋼溶接部のルート割れにおよぼす拘束外力の影響について 金材研報告 5 (1962)
- 2) 稲垣, 中村, 鈴木: 各種高張力鋼溶接部の TRC 試験結果と水素の影響について 金材研報告, 7 (1964) 37
- 3) 稲垣, 中村, 鈴木: 高張力鋼溶接部のルート割れにおよぼす水素の影響と割れ試験繰返数の検討結果, 金材研報告 6 (1963)
- 4) 例 稲垣, 中村, 鈴木: 高張力鋼厚板溶接部のルート割れ試験結果 金材研報告 6 (1963)

# アルミニウム合金鋳物の溶解に関する研究 (第1報)

アルミニウム合金溶湯の脱ガスに及ぼす市販フラックスの効果について

内 藤 達 也, 中 村 和 清

## 1. 緒 言

アルミニウム合金鋳物溶湯はガスを吸収しやすく、その結果鋳物にピンホール、フロホール等が発生しやすいことはよく知られており、そのガスを除去するにも種々の方法がある。たとえば不活性ガスの吹込み、塩化物処理、真空溶解および真空脱ガス等であるが、ここでは市販フラックスを取り上げることにした。

市販フラックスは多種多様の商品名で販売されているが、その脱ガス効果がどの程度か、あるいはどの品種が効果が大であるか不明な点が多く、本実験では各種市販フラックスの脱ガス効果を比較検討した。その結果を報告する。

## 2. 試料と実験方法

### 2.1 試料

地金は昭和電工製の JIS AC 2A 合金と 3A 合金を使用し、フラックスは脱ガス用市販フラックスで4メーカー5種類 (A, B, C, D, E フラックス) を使用した。

地金の化学成分を表1に示す。

表1 地金の化学成分

品 名	Si	Fe	Cu
AC 2 A	4.55	0.23	4.03
AC 3 A	12.60	0.22	—

### 2.2 実験方法

地金はガス炉で20井黒鉛のつぼを用いて溶解し、溶解条件を一定にするため、るつぼ内温度を700°Cまで赤熱して、材料5kgを順次溶解した。

基本試料採取方法は、溶湯温度が700°Cで第1の試料を取り、次に強制的にガスを吸収させるため水酸化アルミニウムを添加し、5分経過後第2の試料を取り取る。第3の試料は700°Cから710°Cまで昇温しながら15分静置さ

せて採取した。

フラックス処理した試料については、水酸化アルミニウムを添加し5分経過後第2の試料を採取までは基本試料と同様であるが、第2の試料を採取するとただちに蒸湯 (700°C) にホスホライザーでフラックスの処理を行ない、試料採取温度710°Cまで昇温しながら15分静置させて第3の試料を採取した。

フラックスの添加量はメーカーのカタログの指示によった。

以上の各試料採取は2井黒鉛のつぼに約半分づつ液取り減圧凝固試験装置 (自家製) で、水銀柱40mmまで減圧して凝固させた。凝固した試料は中央で切断し、ガス穴発生状況を肉眼で判定した。

AC 2A の実験条件を表2に、減圧凝固試験装置を図1に示す (AC 3A の実験条件も表2による)。

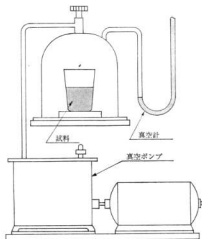


図1 減圧凝固試験装置

表2 実験条件

実験条件 フラックス名	水酸化アルミ添加(%)	フラックス添加(%)	各添加物の 処理温度 (°C)	フラックス 添加後の鎮 静時間(分)	試料採取温 度(°C)	水酸化アルミ添加後		
						水酸化アルミ添加前 (5分)	(20分)	
基本試料	0.3	—	700	—	710	Ⅱa	Ⅱb	Ⅱc
Aフラックス	〃	0.35	650	15	〃	ⅡAa	ⅡAb	ⅡAc
Bフラックス	〃	〃	700	〃	〃	ⅡBa	ⅡBb	ⅡBc
Cフラックス	〃	〃	〃	〃	〃	ⅡCa	ⅡCb	ⅡCc
Dフラックス	〃	0.20	〃	〃	〃	ⅡDa	ⅡDb	ⅡDc
Eフラックス	〃	〃	〃	〃	〃	ⅡEa	ⅡEb	ⅡEc

## 3. 実験結果および考察

写真1および写真2はそれぞれAC2AおよびAC3A

に関する実験の各試料断面を示したものである。

各写真の左側の試料(記号a)は溶解したままの溶湯から採取したもの、中央の試料(記号b)は水酸化アル

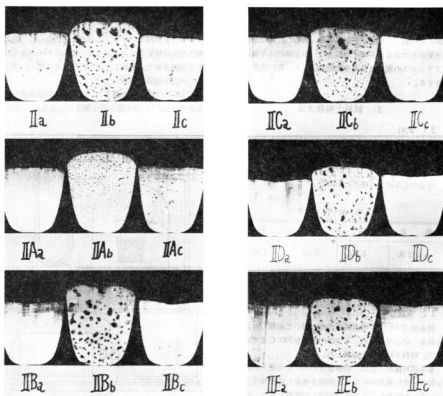


写真1 AC2Aの各試料断面

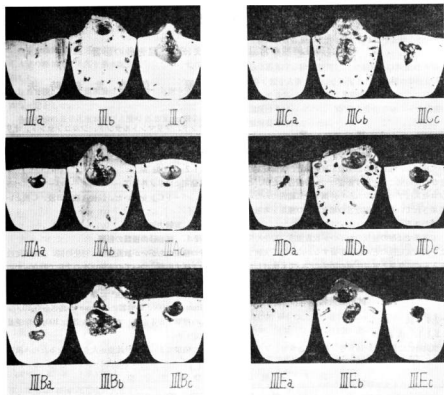


写真 2 AC 3 A の各試料断面

ミニウムを添加した溶湯から採取したもので、右側の試料（記号c）は各種のフラックスを添加、鎮静した溶湯から採取したもの（IIc、IIcは鎮静のみ）である。

2 A 試料の溶解したままではガス穴は少ない。3 A では 2 A に比べて多く、しかも穴が大きい傾向がある。

水酸化アルミニウムを添加すると、いずれもガス穴は増加し、表面はふくれるが、2 A では小さい穴が全面に分布しており、3 A では表面下に大きな穴があり、るつぽに接する面に沿って小さい穴が並ぶという傾向が認められた。表面のふくれたも 2 A と異なっていた。

2 A の溶湯に水酸化アルミニウムを添加したのち 30 分鎮静させると（IIc）ほぼ添加前の状態にもどるが、3 A では（IIc）鎮静の影響が少ない。

フラックス処理したばいも、鎮静のみをしたばいと大差は認められず、フラックスによる差も認められなかった。

2 A では鎮静のみでガス穴が著しく減少しているのでも、フラックスの効果があらわれにくいことはわかるが、3 A のように鎮静後にガス穴が残っているものに対しても、フラックスの効果が認められなかったのは不可解である。この点については、実験方法や減圧凝固試験装置を検討してあらためて究明する予定である。

#### 4. 結 言

- (1) AC 2 A の試料と AC 3 A の試料とは減圧凝固によるガス穴のできかたに差がある。
- (2) 2 A の試料は強制的なガス吸収後の鎮静によりガス穴が著しく減少したのに対し、3 A ではあまり減少しなかった。
- (3) 市販フラックスの脱ガス効果は確認できなかった。

## 自硬性鋳型に関する研究(第6報)

有機自硬性鋳型の常温性質におよぼす気温と砂の影響

原 信 彦, 世 良 時 夫

## 1. 緒 言

著者は前報<sup>1)</sup>においてリノキエ法の常温性質について検討し、粘結剤の添加量が放置強度、表面安定性および可使用時間におよぼす影響について報告したが、このプロセスはアルミニウムから鋳鋼まで広範囲にわたって使用されているが鋳鋼などの場合、砂の種類を考慮する必要がある。

本報告では砂の種類の違いが放置強度、可使用時間および表面安定性にどの様に影響するかについて実験するとともに、気温と常温性質の関係についても検討したので、あわせて報告する。

## 2. 試料と実験方法

## 2.1. 試 料

## 2.1.1. 供 試 砂

供試砂には黒井けい砂6号、三栄銀砂6号、フラタリ

ーサンド、フリマントルサンド、ジルコンサンド、オリピンサンド5号、6号を使用した。

表1にこれらの砂の粒度分布を示す。

## 2.1.2. 粘 結 剤

粘結剤にはリノキエアーバインダー(パートA、パートB、パートC)を用いた。以後A液、B液、C液という。

## 2.2. 実験方法

## 2.2.1. 鋳物砂の種類の影響

砂の種類の違いが放置強度、可使用時間、表面安定性におよぼす影響についての実験は次の方法で行なった。

粘結剤の添加量をきめるために行なったカサ比重の測定は粉体のカサ比重測定法<sup>2)</sup>に準じ、内径51.5mm深さ48.1mmの100ccの容器に200mmの高さから10メッシュの標準フライを通して供試砂を落し100ccの重量を測定した。

砂の種類によってカサ比重が大きく異なるためA液の

表 1 各種鋳物砂の粒度分布

砂の配合(%)	14	20	28	35	48	65	100	150	200	270	PAN	粒度分	粒度指数	備 考
黒 井 100	—	0.2	1.6	4.1	10.2	29.0	47.9	5.2	0.7	0.1	0.2	0.3	108.6	山 口 産
三 栄 100	—	—	tr	0.4	8.8	36.9	34.4	11.4	4.3	0.9	1.9	0.3	129.6	愛 知 産
フラタリ 100	—	—	0.3	3.7	12.5	28.7	46.4	6.9	0.6	0.1	0.3	0	110.3	オーストリア産
フリマントル 100	tr	1.6	12.2	32.1	35.4	13.7	3.4	0.8	0.2	0.1	0.1	0.4	60.6	ウ ェ ン
クロマイト 100	0.1	0.9	6.1	16.0	23.3	22.5	17.1	8.7	4.0	0.4	0.5	0	96.2	クロマイト70
ジルコン 100	—	—	—	0.4	6.5	44.7	41.4	6.3	0.5	tr	tr	0	109.1	オーストリア産
オリピン6号 100	—	—	0.1	2.9	12.5	30.4	28.8	12.0	4.5	3.3	2.4	2.6	136.3	北海道産
オリピン5号 100	—	11.6	52.6	32.8	0.8	0.2	0.4	0.4	0.2	0.1	0.2	0.5	35.6	赤 石 産
(フラタリ 50 フリマントル 50)	tr	0.8	6.25	17.9	23.95	21.2	24.9	3.85	0.4	0.1	0.2	0.2	85.45	計 算 値
(ジルコン 50 黒 井 50)	—	0.1	0.8	2.25	8.25	36.85	44.65	5.75	0.6	0.05	0.1	0.15	108.8	
(ジルコン 50 フリマントル 50)	tr	0.8	6.1	16.25	20.95	29.2	22.4	3.55	0.35	0.05	0.05	0.2	84.85	
(オリピン5号 50 オリピン6号 50)	—	5.8	26.35	17.85	6.65	15.3	14.6	6.2	2.35	1.7	1.3	1.55	85.95	

添加量を次式によって調整した。

$$A \text{ 液の添加量}(\%) = 1.8 \times \frac{\text{黒井けい砂のカサ比重}1.52}{\text{各砂のカサ比重}W}$$

A液の添加量1.8%は前報<sup>1)</sup>において黒井けい砂に対しA液の添加量1.8%を基本配合としたため、それを採用した。

なおB液、C液の添加量はA液に対しB液5%、C液25%一定とした。

各供試砂のカサ比重およびA液の添加量を表2に示す。

表2 各種鉤物砂のカサ比重とA液の添加量

砂の配合量(%)	カサ比重	A液添加量(%)
黒井 100	1.52	1.8
三栄 100	1.36	2.0
フラタリー 100	1.55	1.8
フリマントル 100	1.74	1.6
クロマイト 100	2.83	1.0
シルコン 100	2.95	0.9
オリビン 6号 100	1.71	1.6
オリビン 5号 100	1.61	1.7
(フラタリー 50 フリマントル 50)	(1.645)	1.7
(黒井 50 シルコン 50)	(2.235)	1.2
(フリマントル 50 シルコン 50)	(2.345)	1.2
(オリビン 6号 50 オリビン 5号 50)	(1.66)	1.7

注：配合砂のカサ比重は計算値。

pHの測定は、乾燥した試料砂50gに純水100ccを入れ攪拌器で10分間攪拌し5分間静置後、その上澄液のpHを測定した。

試料砂の混砂および試験片の作製は、次の方法で行なった。

A液+B液—砂—to添加—2分間混砂—C液添加—1分間混砂—ただちに塩化ビニールパイプ $\phi 51 \times 50$ mmに手でつめる。

なお混練機は、万能混合攪拌機 25AM—rr を公転90 r.p.m. 自転 205 r.p.m. で使用した。

放置強度は、試験片作製後1時間おきに5時間までと24時間後の強度を測定した。

可使時間の測定は、混砂直後より10分おきに試験片を作製し、前報<sup>1)</sup>において定めた24時間放置後の圧縮強さが20 kg/cm<sup>2</sup>まで低下した時間を可使時間とした。

表面安定性は、成型後5時間放置と24時間放置の試験片をロータップふるい機を使用し、6メッシュのふるい

上で60秒ふるい、その残留量を測定した。

### 2.2.2. 気温の影響

気温が放置強度、可使時間におよぼす影響についての実験は、次の方法で行なった。

砂は黒井けい砂を使用し、粘結剤の添加量はA液を1.8% C液をA液に対して20%とし、触媒のB液をA液に対して3%、5%、7%と変化させた。

温度は5°C、20°C、35°Cと変化させ、その調節は恒温恒湿器で行なった。

砂および粘結剤を各温度で24時間保持して、試料を所定の温度にし、混砂、成型を行ない、ただちに恒温恒湿器にかえた。

試料砂の混砂、成型は前記の方法と同ようである。

放置強度の測定は気温によって初期強度が異なるため、1時間から3時間放置までで1点と、5時間と24時間後の3点を測定した。

可使時間の測定は前記と同ようである。

液温と粘度との関係については液温を5°C、20°C、35°Cに保持し、B型粘度計を用いて測定した。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1. 鉤物砂の種類の影響

各砂のpHは、その種類によって、かなりの差があり黒井、三栄、シルコンは強い酸性を示し、フラタリーフリマントル、クロマイトは中性またはそれに近い値を示したがオリビンはアルカリ性を示し、とくに5号はその値が高かった。

またオリビン5号の5号と6号で大きな差がでたがこれは、産地のちがいによるものと思われる。

pHの測定結果を表3に示す。

表3 各種鉤物砂のpH

砂の種類	pH
黒井	5.80
三栄	5.64
フラタリー	7.00
フリマントル	6.80
クロマイト	7.00
シルコン	5.20
オリビン 6号	8.40
オリビン 5号	10.10

砂の種類と放置強度の関係は単味の場合1時間放置ではフリマントル、オリビン6号、シルコン、フラタリーの順に高く、その他は大差がないが24時間後にはシルコンが最も高くクロマイト、フリマントル、フラタリーの

順になっている。

また4～5時間にかけては24時間と、ほぼ同ような傾向を示している。

接着き、ベーニング、めさしの防止、粒度調整などの目的で行なわれる砂を配合した場合の強度の変化は、1時間ではオリビン5号—6号を配合したものが、最も高くシリコン—黒井は、1時間では測定できなかった。

また2時間以後はシリコン—フリマントル、フラタリー—フリマントル、シリコン—黒井の順に高くオリビン5号—6号は単味の場合と同よう2時間以後の強度の伸びは少なく、低い値を示した。

これはオリビンサンドがアルカリ性であるためと思われるが、オリビンサンドも十分使用できるとの文献<sup>3)</sup>もあり、本実験の粘結性、硬化剤の添加量に問題があるように思われる。

またシリコン、クロマイトの様にカサ比重の大きいものが高いい置強度を示し、カサ比重の小さい三葉、黒井の強度が低かったことはpH、粒度分布のちがいでなく、

A液の添加量の算出方法に問題があるように思われる。

砂の種類と放置強度の関係を図1に示す。

砂の種類と可使用時間の関係は、24時間放置の最低許容強度を $20 \text{ kg/cm}^2$ とするとシリコン—フリマントル、シリコン、クロマイト、フラタリー—フリマントル、シリコン—黒井の順で可使用時間は30分以上あり、オリビンはいずれも極端に短い。

その結果を図2に示す。

可使用時間を前記の方式にした場合は、直後の強度の高いものが長く低いものが短くなる傾向があり、強度の低下率で行なう場合と比べかなり異なる。

表面安定性は、シリコン、シリコン—フリマントル、フリマントル、フラタリー—フリマントルは5時間、24時間放置とも98%以上の安定性を示し、また他の者もオリビンをのぞいては97%以上の良好な値を示した。

また放置強度の高いクロマイトが比較的悪いのは意外であった。

表面安定性の測定結果を表4に示す。

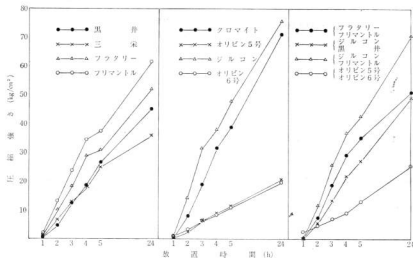


図1 放置時間と圧縮強さの関係におよぼす砂の種類の影響(気温 $15^{\circ}\text{C}$ )

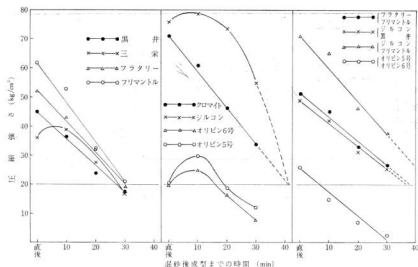


図2 混砂後成型までの時間と放置強度の関係におよぼす砂の種類の影響 (気温15°C)

表4 表面安定性(%)

配合量	SSI	
	5時間放置	24時間放置
黒 井 100	97.0	97.9
三 栄 100	97.5	98.1
フ ラ タ リ ー 100	97.9	98.2
フ リ マ ン ト ル 100	98.3	98.7
グ ロ マ イ ト 100	97.2	97.6
ジ ル コ ン 100	98.4	99.0
オ リ ビ ン 6 号 100	92.3	95.0
オ リ ビ ン 5 号 100	93.6	94.7
フ ラ タ リ ー 50		
フ リ マ ン ト ル 50	98.2	98.7
ジ ル コ ン 50		
黒 井 50	97.0	98.2
ジ ル コ ン 50		
フ リ マ ン ト ル 50	98.5	98.9
オ リ ビ ン 5 号 50		
オ リ ビ ン 6 号 50	94.2	96.4

### 3.2. 気温の影響

粘結剤の粘度は、温度に大きく影響され35°Cと5°CではA液で10倍以上、B液では7.6倍も変化した。

A液は水ガラス、モル比2.53のもの粘度(1°C—1300, 17°C—500, 31°C—220 C-P)と比較しても非常に高く、低温では計量、混砂に注意する必要があると

思われる。

粘度の測定結果を表5に示す。

表5 粘結剤の粘度(C-P)

温度(°C)	5	30	35
A 液	8,530	2,070	742
C 液	995	327	131

気温が放置強度におよぼす影響は大きく、その差はとくに初期にあられる。

気温35°Cでは、1時間放置で5 kg/cm<sup>2</sup>前後の強度があるが、20°CではB液3%のものは1時間では測定しにくく、2時間で8 kg/cm<sup>2</sup>の強度が得られ、5°Cでは3間まで測定できなかった。

また25°Cと35°Cの5時間以後の強度差は、ほとんどないが5°Cは5時間までの伸びが、とくに低く24時間後でもかなりの差があり、B液は冬期用を使用する必要があると思われる。

B液の影響は、いずれの温度でも初期強度は添加量の多いものほど強いが、5°Cをのぞいては24時間後の放置強度は多いものほど弱くなる傾向がある。

その結果を図3に示す。



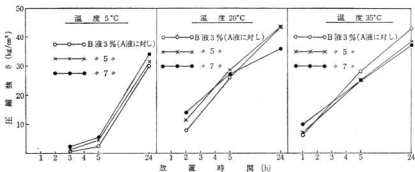


図3 放置強度におよぼす気温の影響

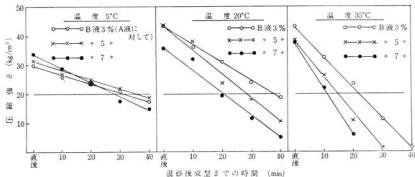


図4 混砂後成型までの時間と放置強度の関係におよぼす気温の影響

図4に混砂後成型までの時間と、放置度との関係におよぼす気温の影響を示す。

気温が低いほど強度の低下はゆるやかで、B液の添加量の多いものほど急に低下する傾向があり、それは気温が高くなるにつれてあきらかになる。

参考までに可使時間を25分にするためのB液の添加量を見ると図5のようになり、 $5^{\circ}\text{C}$ —7%、 $20^{\circ}\text{C}$ —5%、 $35^{\circ}\text{C}$ —3%にする必要がある。

#### 4. 結 言

##### (1) 鋳物砂の種類の影響

リノキュウ法に各種鋳物砂を使用した場合の、常温性質はつぎのとおりである。

放置強度は、かさ比重で粘結剤の添加量を調整した場合、比重の大きいものが高い性質を示し、小さいものが

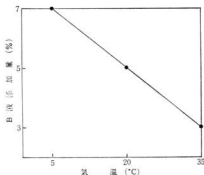


図5 可使時間を25分にするための気温とB液添加量の関係

比較的弱い値を示した。

またオリビンサンドは、他の砂に比べ強度が低かった。

可使時間を成型後24時間放置の圧縮強さが  $20 \text{ kg/cm}^2$  まで低下した時間とすると、オリビンサンドがいずれも短かくシルコンサンド系が長かった。

表面安定性は成型後5時間放置でオリビンサンドをのぞいては97%以上の好結果を示した。

#### (2) 気温の影響

気温が放置強度におよぼす影響は、低温の場合が大きく  $20^\circ\text{C}$  と  $30^\circ\text{C}$  では初期には差があるが5時間以後は、ほとんど差がないのに対し、 $5^\circ\text{C}$  の場合は5時間までの強度の伸びは非常に小さく、24時間後も前者よりかなり低く、低温では冬期用B液を使用する必要が認められた。

またB液の添加量は低温では多いものが終始高い強度を示したが、 $20^\circ\text{C}$  以上では5時間放置以後逆転する傾向がある。

可使時間は気温が高くなるほど短かく、またB液が少いほど長くなる傾向がある。

粘結剤の温度が、粘度におよぼす影響は大きく、冬期には計量および混練に注意する必要がある。

おわりに本研究に際し、試料の一部は寿工業株式会社の援助を受けた。厚くお礼を申しあげます。

#### 文 献

- 1) 世良, 原: 本報告, 13(1951), 110
- 2) 鑄造技術講座編集委員会: 普通鑄型, (1968), 274
- 3) 小林, 山屋: 鑄物, 42(1970), 258

## 球状黒鉛鑄鉄に関する研究 (第4報)

球状黒鉛鑄鉄の高周波焼入におよぼす添加元素の影響

西川 浩成, 馬場 園利夫\*

## 1. 結 言

最近、県下鑄物工場でも多く生産されるようになった球状黒鉛鑄鉄は、比較的新しい工業用材料としてその応用分野が広まってきている。

球状黒鉛鑄鉄は、鑄造のままで40~70kg/mm<sup>2</sup>の引張強さと、1~12%の伸びがある。また、より一層の延性、耐摩耗性などが必要な場合には、使用目的に応じ、各種の熱処理によりその性質をいぢるしく向上することができる。

しかし、多種小量生産の中小鑄物工場では、価格、製造技術、納期的面で種々な問題があり、鑄放しのままで

高周波焼入のしやすい球状黒鉛鑄鉄の溶湯をつねにうるまでには至っていない。

本実験は、球状黒鉛鑄鉄溶湯の高周波焼入性の改善を目的とし、少量のSe, Cu, Cr, Mnの添加およびSi量が、焼入性におよぼす影響について実験したので、その結果を報告する。

## 2. 試料と実験方法

## 2.1 試料

表1に示す配合により、无湯となる試料番号1, 4, 7, 11, 12, 13の溶解をおこなった。溶解方法は、1,

表1 溶解材料、添加剤および添加元素の配合率

試料	溶解材料 (%)			添加剤 (%)					添加元素 (%)			
	ダクタイル鉄	戻鉄	鋼屑	加炭剤	KC剤	Fe-Si	Fe-Mn	接種	Sn	Cu	Cr	Mn
1	30	50	20	0.013	0.45	0.008		Ca-Si 0.2	0.03			
2									0.08			
3									0.08	0.3		
4	30	50	20	0.013	0.6	0.007		Ca-Si 0.2				
5									0.1			
6									0.1			0.7
7	30	50	20	0.013	0.7	0.008		Ca-Si 0.2				
8											0.2	
9									0.05			
10										0.6		
11	90		10		1.5	0.45	0.5					
12	90		10		1.5	1.15	0.5					
13	90		10		1.5	1.85	0.5					

\* 株式会社三豊製作所広島鑄造工場

4, 7については, 300KV A エール炉に溶解材料及加炭剤を投入し, 溶解材料が溶けたのち Fe-Si を加え, KC 剤を置きつぎにより追加し, さらに Ca-Si で接種して, トリベに 10kg ずつ溶湯をとり, 各種元素を追加し, 1380~1400°C で, 35φ×200mm 棒状ガス型に鑄込み, 18φ×10.5mm に加工し, 1~10の試料とした。

試料番号11, 12, 13については, 高周波溶解炉により, 溶解材料13kgを溶解し, 成分調整後, 光高温計読み1400°C で出湯し, KC 剤を追加して球状化処理を行い, 図1に示す形状のガス型に鑄込んだ。

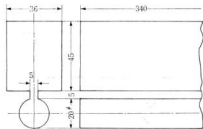


図1 鑄造方案

丸棒の部分の両端を除き18φ×10.5mmに加工し, 11, 12, 13の試料とした。

各試料の化学成分は表2に示した。

表2 試料の化学成分(%)

	C	Si	Mn	P	S	Sn	Cu	Cr
1	3.50	2.94	0.30	0.032	0.009			
2						0.074		
3						0.074	0.09	
4	3.46	2.62	0.33	0.048	0.009			
5						0.098		
6			0.77			0.098		
7	3.63	2.81	0.32	0.036	0.009			
8								0.16
9								
10							0.15	
11	3.31	2.38	0.60	0.076	0.027			
12	3.41	2.51	0.50	0.069	0.024			
13	3.38	3.17	0.53	0.071	0.023			

## 2.2 実験方法<sup>1)</sup>

### 2.2.1 実験装置および高周波焼入試験

実験装置は, 電子科学工業株式会社製(高周波出力20kW 周波数400kHz)の真空管式高周波焼入装置を用いた。

本実験では試料の形状の関係から, 図2に示すように

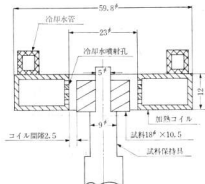


図2 高周波誘導加熱寸法

試料をセットし, その表面を一度に加熱, 水で急冷する一発焼入法で試験をおこなった。

焼入条件としては, あらかじめ予備実験をおこなった結果, 電力量(入力)8KV A, 加熱時間8秒の一定とした。

### 2.2.2 かたさ測定

かたさ測定は, 焼入前の試料については, 任意の3カ所, 焼入試料については, 外周から中心線上に1mm間隔の点について, 2カ所ピッカースかたさ試験機(荷重50kg)で, かたさ測定をし, 測定値の平均を求めて, その試料のかたさとした。

焼入結果の判定は, 製品の関係でピッカースかたさ360以上を焼入効果があったものとした。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 試料別硬度分布

電力量(入力)を8KV A, 加熱時間を8秒の一定にした, 各試料のかたさ測定結果を図3のa, b, c, dに示した。

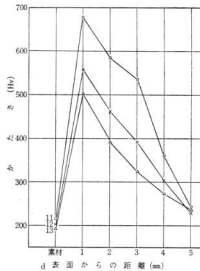
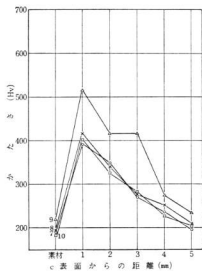
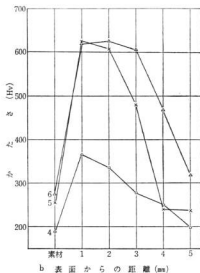
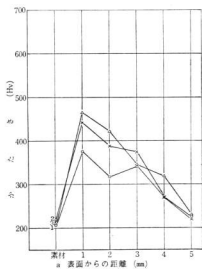


図3 試料別硬度分布

## 3.2 添加元素の影響

### 3.2.1 Sn

適量範囲 (0.06~0.08%) の Sn 添加の最大特徴はパーライト組織を安定にし、かたさを上昇することにあるが<sup>2)</sup>、本実験においても0.074~0.098%のSn添加により、添加前55~65%あったフェライト組織がほとんどなくなり、安定したパーライト組織がえられた。

焼入試料の組織は針状マルテンサイトで、焼入による急激なかたさの上昇が認められた。

最高かたさを示す点は1mm付近にあり、焼入深さは3.2mmであった。

### 3.2.2 Cu, Cr

Cuは黒鉛化促進元素であり、またCrは黒鉛化阻害元素で、パーライトを細かく硬くする作用があるが、Cu 0.09~0.15%、Cr 0.16%添加では両試料とも、素材における組織の変化はなく、50~55%のフェライト組織があった。

焼入試料においても、オーステナイト域での加熱時間が非常に短く黒鉛がオーステナイト中に溶解拡散する時間が不足で、かたさ、焼入深さ (Cu 2.3mm, Cr 1.7mm) とも、添加元素なしの試料とほとんど変化はなかった。

### 3.2.3 Mn

MnはSnと併用して添加したため、はっきりした結果は得たいが、Mn添加により素材、焼入試料とも急激なかたさの上昇があった。

焼入試料において、最高かたさを示す点が、2mm付近に移り、焼入深さは4.7mmであった。

最高かたさを示す点が2mm付近に移動したのは、少量の残留オーステナイトを含むため耐摩耗性には悪影響はなく、また、この部分のかたさは195~250°Cの再加熱で増加するものと思われる<sup>3)</sup>。

### 3.2.4 Si

Si量と焼入性の関係を調べるため、Si量を2.38%、2.51%、3.17%と変化させた試料について焼入試験をおこなった。

素材において、試料11 (Si 2.38%) は全パーライト組織、試料12 (Si 2.51%) は10~15%フェライト組織、試料13 (Si 3.17%) は30~35%フェライト組織であった。

焼入試料は図3、dの試料11のように、Siの低いものほど高いかたさを示した。

これはFe-C-Si三元状態図から知られるが、Si量が増加すると、共析炭素量が減少し共析温度が上昇し、オーステナイト中の炭素溶解度が減少し、オーステナイト領域がいちじるしくせまくなる<sup>3)</sup>。したがって高周波焼入効果は低Si鋼鉄のほうがよい。

本実験では装置の関係で電力量 (入力) が8KVAと小さく、加熱時間に8秒を必要とした。

今後は装置を改善し、球状黒鉛鋼鉄の焼入性におよぼす、電力量 (入力)、加熱時間、添加元素の種類および添加量などについて研究を進める方針である。

## 4. 結 言

球状黒鉛鋼鉄の高周波焼入におよぼす添加元素の影響について研究した結果をまとめるとつぎのとおりである。

- (1) Snを適量添加することは、フェライトの多い球状黒鉛鋼鉄の焼入性の改善には有効である。
- (2) Cu (0.09~0.15%) および Cr (0.16%) の添加は焼入性の改善にはあまり効果はなかった。
- (3) Si量が増加すると焼入性は劣る。

## 文 献

- 1) 古村、藤原、福田、宮廻、田辺、神村：鳥根県工業試験場報告書、3) 1969、87
- 2) 日本金属学会鑄造分会編：球状黒鉛鋼鉄の理論と実際、丸善 (1966)、134
- 3) 日本熱処理技術協会編：鋼物と非鉄金属材料の熱処理、日刊工業 (1970)、106、88

# 鋳物砂に関する研究 (第18報)

## 新しい生型砂試験法に関する一考察

世 良 時 夫

### 1. 緒 言

最近の鋳造工場は人手不足で、かつ生産量の増大をはかるために装置工業化が進んでいる。しかし造型・処理設備や生型砂の管理については、まだ不十分な点が多く、さらに中小企業では管理技術者の不足も大きな問題となっている。

機械造型では生型砂の性質を安定させることが重要であり、砂の配合量、水分量、十分な混練、造型時の充てん性、じん性、[スプリングバック、返り砂の昇量の問題、さらに鋳造欠陥防止策など多くの管理要因がある。生型砂の性質について外国では、10年前から各種の試験方法が検討されている。ディタート氏らはモルダビリティ試験や<sup>\*)</sup>、シャッター試験<sup>\*\*\*)</sup>について報告している。

さらに近年ホフマン氏らはコンパクトタビリティ試験<sup>\*\*\*\*)</sup>について報告している。これらの試験は水分量、パントナイト量、その他の添加物の性質などについて述べている。

筆者はこれらの試験法について近似の試験機を試作して検討を行なった。本報告では各試験法の再現性と水分量の影響について実験した結果を報告する。

### 2. 試料と実験方法

#### 2.1 供試砂

けい砂は三栄銀砂(6号改良3型) 16kgに、乾燥したパントナイト(豊順穂高) 6%を加えからびかし、水分を加えミックスマラーで混練を行なった。混練はマルダウ<sup>\*)</sup>の方法で3回以上くりかえし、調砂したものを実験室砂とした。さらに工場で使用されている砂(けい砂、パントナイト、コンスターチ、シーコール、水分を含む)についてマルダウを3回以上くりかえした工場砂の2種類について各種の試験を行なった。

#### 2.2 実験方法

モルダビリティ試験<sup>\*)</sup>はディタート氏らの方法で概略は図1に示すとおりである。カッコ内の数値はディタート、ホフマン氏らの条件を示す。砂は10mm(3/8

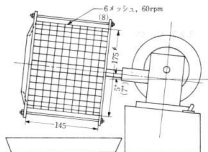


図1 モルダビリティ試験機

インチ)のふるいを通して200gをはかり、プラスチックコートした6メッシュ(8メッシュ)の回転ふるいに入れて10秒間、回転させてふるいを通した重量を最初の200gで除した値で、2回の平均値で示した。たとえば、回転ふるいを通した重量が120gであれば120g/200g×100=60となり、モルダビリティ指数60という。

シャッター試験<sup>\*)</sup>はディタート氏らの方法でその概略は図2に示すとおりである。標準試験片を10mm(3/8インチ)のふるい上の受台にのせ、50.8g(50g)のスチールボールを1000mmの高さから落して破砕する。ふるい上にくっついた砂の重量と試験片の重量比をパーセントで示し、3回の平均値で求めた。たとえば、試験片の重量が140gでふるい上に残った砂重量が70gであれば70g/140g×100=50%となりシャッターファネス50%という。

つぎにふるい分け密度、コンパクトタビリティ試験<sup>\*\*\*\*)</sup>はホフマン氏らの報告から、概略は図3に示すとおりである。6メッシュのふるいを通して試験筒に砂を入れ上面をかきとった状態(図3の(b))の砂重量からふる

\* Laboratory moldability tester

\*\* Sautter tester

\*\*\* Compactability test

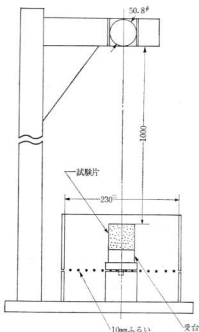


図2 シャッター試験装置

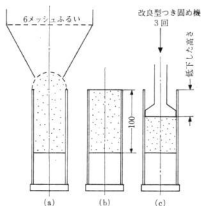


図3 コンパクトタビリティ試験装置

い分け密度を求めた。さらに図3の(b)を(c)のように改良型つき固め機 [しめしろ 45mm] で3回つき固め (スクイズ圧 10kg/cm<sup>2</sup>)、低下した高さを読みと

りパーセントで示し、3回の平均値で求めた。たとえば、試験筒 100mm の砂重量が147gであると、体積 196cm<sup>3</sup> で割ると 147g/196cm<sup>3</sup>=0.75g/cm<sup>3</sup> のふるい分け密度となる。また、つき固め機で低下した高さが 60mm であると 60mm/100mm×100=60% でコンパクトタビリティ60%という。

さらに標準試験片のつき固め密度、圧縮・せん断強さを測定した。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 各種試験の再現性

各種の試験を10回くり返した測定値およびその平均値(̄), 標準偏差(s)は表1に示すとおりである。

モルダビリティ試験は工場砂に比べて実験室砂の標準偏差は小さいが全般にバラツキは大きい。水分量、添加物、混練の度合いなどによっても異なると考えられる。

シャッタ試験は実験室砂に比べて工場砂の標準偏差が小さい。しかしモルダビリティ試験と同程度のバラツキはある。シャッタタフネス値が高くなるとバラツキは小さくなるものと思われる。ディタート氏はシャッタタフネス72.6%で標準偏差1.23%と報告している。

ふるい分け密度、コンパクトタビリティ試験はともに標準偏差は小さく、再現性はよい。ホフマン氏は再現性について±1%以内の精度があると報告している。

#### 3.2 水分添加量の影響

実験室砂と工場砂の水分量を、前者は1.7~3.8%, 後者は3.6~6.3%の範囲に変えて実験を行なった。

モルダビリティ・シャッタ試験の実験結果は図4に示すとおりである。

モルダビリティ試験はつき固め前の砂をばらばらにほぐすに要するエネルギーはその砂をつき固めるに要するエネルギーに比例すると述べている。モルダビリティ指数は2種類の砂とも同じ傾向にあり、水分量が多くなると低下する。また砂の種類で適当な水分量が大きく異なる。ディタート氏はモルダビリティ指数80の砂が、水分0.3%多くなると、65も指数が低下すると報告している。しかし筆者の実験では指数80の砂が水分で0.5%多くなっても、約20位の低下であった。さらにディタート氏は適当な範囲がモルダビリティ指数で70~80としているが、本実験では適当な範囲が90を超えているように思われる。これらの結果は試験機や、実験に使用したけい砂、粘結材などの違いもあり、明らかでない。

シャッタ試験は砂のじん性を調べ、造形時の離型や運搬での衝撃などに耐える性質について試験する方法である。シャッタタフネスは実験室砂ではかなりのバラツキがある。工場砂のシャッタタフネスは全般に高く、水分



表1 各試験のバラツキ

試験項目		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X	S
モルダビリティ指数	A	58.0	57.5	57.0	60.0	59.5	61.5	58.5	60.0	58.5	61.5	59.20	1.49
	B	86.0	85.0	81.0	82.5	83.5	86.0	83.5	86.5	80.5	82.0	83.65	2.05
シャッタフネス (%)	A	51.2	53.3	51.2	53.2	49.9	52.8	47.9	51.1	47.6	53.1	51.13	2.00
	B	89.5	89.8	87.7	90.4	88.7	86.5	87.5	88.6	88.6	87.7	88.50	1.13
ふるい分け密度 (g/cm <sup>3</sup> )	A	0.56	0.55	0.56	0.56	0.56	0.55	0.56	0.56	0.56	0.55	0.557	0.005
	B	0.63	0.62	0.62	0.63	0.64	0.62	0.64	0.63	0.64	0.64	0.631	0.009
コンパクタビリティ (%)	A	61.0	61.5	61.0	61.0	61.0	62.0	61.0	60.5	61.5	62.0	61.25	0.46
	B	55.5	56.0	56.0	56.0	55.0	57.0	55.0	56.0	55.0	55.0	55.65	0.64

A: 実験室砂 B: 工場砂

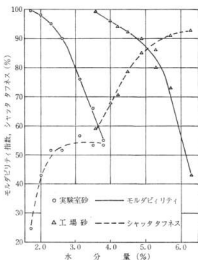


図4 水分量とモルダビリティ指数およびシャッタフネスとの関係

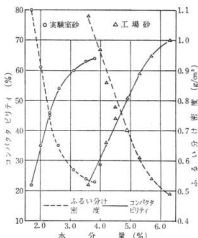


図5 水分量とコンパクタビリティおよびふるい分け密度との関係

量が多くなると高くなる傾向にある。これはディタート氏の報告と同じ傾向である。

ふるい分け密度、コンパクタビリティ試験の実験結果は図5に示すとおりである。

コンパクタビリティ試験は、所要水分量や組成の影響を受けない混練度の試験であり、また水分測定をこの方法で置換できると述べている。ふるい分け密度、コンパクタビリティは図5では反比例の関係にある。工場で使用される砂はコンパクタビリティが35~65%位で直線関係<sup>(6)</sup>にあるといわれ、本実験においてもほぼ直線とみな

せる。ふるい分け密度も水分量との関係は明りょうであるが、測定も簡単で、砂の比重にも関係しないコンパクタビリティ試験がすぐれていると考えられる。

圧縮・せん断強さおよびつき固め密度の実験結果は図6に示すとおりである。

実験室砂と工場砂では圧縮強さが大きく違い、水分量が多くなると強さは低下する。せん断強さも同じ傾向で圧縮強さの約1/3位である。つき固め密度は2種類の砂とも下に凸の曲線で、水分量との関係は明らかでない。コンパクタビリティとモルダビリティ指数の関係は図7に示すとおりである。

コンパクタビリティは60%を越えると変化は小さくな

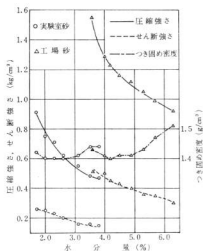


図6 水分量と圧縮・せん断強さおよびつき固め強度との関係

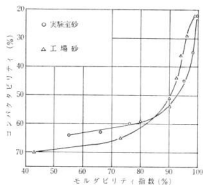


図7 モルダビリティ指数とコンパクトタビリティの関係

り、逆にモルダビリティ指数は90を越えると小さくなる。

#### 4. 結 言

生型砂の新しい試験法について外国で報告されている試験機を試作し、再現性と水分量の影響について検討した結果をまとめるとつぎのとおりである。

- (1) 再現性についてはふるい分け密度、コンパクトタビリティ試験がとくにすぐれている。
- (2) 水分量とモルダビリティ試験、シャッタ試験、ふるい分け密度およびコンパクトタビリティ試験との関係を見ると、各試験とも水分量は大きく影響する。なかでもふるい分け密度、コンパクトタビリティ試験は比較的的比例関係にある。砂の比重に影響されず、装置も簡単な後者の試験は現場での水分測定としてすぐれていると考えられる。また、砂のじん性を調べるシャッタ試験は機械造型機の生型砂管理に併用することは有効と考えられる。おわりに本実験に対して供試砂の提供をいただいたヨシワ工業株式会社第一製造部長にお礼を申し上げます。

#### 文 献

- 1) H. W. Dietert, A. L. Graham, R. T. Daksiewicz and T. H. Hanna: modern castings **42** (1962) 3, 537.
- 2) H. W. Dietert, A. L. Graham, T. H. Hanna and R. T. Daksiewicz: modern castings, **44** (1963) 2, 394.
- 3) H. W. Dietert, F. S. Brewster, A. L. Graham: modern castings, **49** (1966) 4, 117.
- 4) H. W. Dietert, A. L. Graham and J. S. Schumacher: modern castings, **54** (1968) 3, 89.
- 5) F. Hofmann, H. W. Dietert, A. L. Graham: modern castings, **56** (1969) 1, 134.
- 6) C. E. Troy: 日本鋳物協会第78回講演大会講演要旨 (1970) 新説

## やすりに関する研究 (第37報)

## やすりの目切用たがねの耐久度について (その2)

横山 宏樹, 丸山 信行, 石田 節

## 1. 緒 言

このたびやすり業界の一部がやすり団地に進出することとなり、協業化ならびに共同施設の整備が行なわれ、いろいろな問題をなげかけている。やすり製造における各工程の改善もその一端をなしており、目切用たがねについても耐久度の向上にとまらぬ経済性および省力化などから、一つの問題点となっている。目切用たがねについてはすでに詳細な研究がなされ、鋼種の選択、製作法の改善などによって耐久度のよいものが作られているが、技術革新にとまらぬ鋼種の開発、経済性さらには従来のたがね製作法の改善など研究の余地は十分にあるものと思われる。JISに規定してある高速度鋼は13種類あり、W含有量の多いW系高速度鋼とMo含有量の多いMo系高速度鋼の2種に大別される。前者は靱性によく富んでいて、そのうちでもSKH9はMo系高速度鋼の代表的なもので、もっとも靱性が高く、また適度の耐摩耗性・耐熱性を有しているので、一般の工具類のほか、パンチダイス類の金型にも広く使用されている。とくに冷間加工用などに使用する場合、焼入温度を低くして靱性を高めるアンダーハードニングが好結果を得ている例が多い。その上前報で好結果を得られた高速度鋼SKH3(W系)よりも経済的に安くつき、使用可能であれば条件としては最適である。そこで今回の実験は耐衝撃性がよいといわれているSKH9についてアンダーハードニングならびに正規の熱処理を行ない、実用実験によってそれら相互間の耐久度を比較するとともに、SKH3との耐久度の比較も行なった。

## 2. 試料と実験方法

試料にはSKH3とSKH9を使用し、化学成分は表

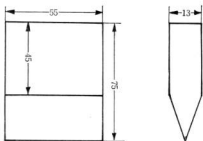


図1 タがねの形状

1にあらわす。図1は試料の形状および寸法である。

## 2.1 熱処理

試料の焼入前に内部応力除去ならびに組織の調整を目的として850°C、保持時間2時間の焼なましを12kW電気マッフル炉で行なった。予備加熱および焼入加熱には中性塩浴を用い、900°Cまで予備加熱を行なったのち、SKH3について1250、1270°C、SKH9については1150、1170、1200、1230°Cの各温度に加熱して2分間保持し、油冷による焼入れを行なった。焼もどしは550°Cおよび570°C、300°Cとも低温用の塩浴で行なった。各試料の熱処理条件を表2に示す。熱処理後は試料の側面を刃先より5mmのところをロックウェルかたさ試験機(HRC)で測定した。

## 2.2 耐久度

耐久度については適当な測定機器がないため、工場の現場において行ない、試料のたがねを取付けたときからつぎにたがねをときなおすまでを繰返し数1回とし、その間に目切りされたやすりの本数で耐久度をあらわし

表1 試料の化学成分(%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	W	V	Co
SKH3	0.67	0.28	0.25	0.013	0.018	0.00	3.94	—	0.04	18.81	0.85	4.96
SKH9	0.82	0.23	0.26	0.015	0.020	0.02	4.17	4.87	0.02	5.92	1.80	

表2 熱処理条件および熱処理後のかたさ

材 質	焼 入		焼 も ど し			焼もどしかたさ HRC (刃先より5mmのところ)
	温 度 (°C)	保持時間 (min)	温 度 (°C)	保持時間 (min)	回 数	
SKH 3	1250	2	570	60	1	66.0
"	"	"	"	30	2	66.0
"	1270	"	"	60	1	66.0
"	"	"	"	30	2	66.0
SKH 9	1150	"	550	60	1	62.0
"	"	"	"	30	2	63.0
"	"	"	200	30	1	63.5
"	1170	"	550	60	1	64.0
"	"	"	"	30	2	64.0
"	"	"	570	60	1	63.5
"	"	"	"	30	2	63.0
"	1200	"	550	60	1	64.5
"	"	"	"	30	2	66.0
"	"	"	570	60	1	64.0
"	"	"	"	30	2	65.0
"	1230	"	550	60	1	65.0
"	"	"	"	30	2	65.5
"	"	"	570	60	1	65.5
"	"	"	"	30	2	66.0

た。被目切材としてのやすりには、鉄工やすりの250mm平、中、下目を基準として行った。以上の方法で得られた結果を実験計画法<sup>4)</sup>に基づいて分散分析をし、有意差ありと認められたものについては母平均ならびに確率95%における信頼限界を求めた。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 かたさ

熱処理後のかたさ測定結果を表2に示す。SKH 3は焼入温度および焼もどし温度保持時間ならびに焼もどし回数によるかたさの差はほとんどみられなかった。SKH 9においては焼もどし温度および焼もどし回数によってあまり大きな差はないが、焼入温度1200°C以下すなわちアンダーハードニングでは焼入温度が下るほどかたさ値は減少している。今回の実験では焼もどしの繰返しによるかたさの差はあまり大きくないが、焼もどしの回数を重ねることによって内部応力が軽減され、耐衝撃性は上昇しているものと思われる。SKH 9のアンダーハードニングにおける二次硬化現象については、すでに数々の研究がなされ焼入温度の変動にかかわらず各焼もどし曲線は520~570°C<sup>2)</sup>においてかたさのピークがあらわれており、本実験においても550、570°Cの焼もどしを行なっているのが200°C焼もどしを除いてはピーク

かたさをあらわしているものと思われる。焼入温度が低くなることによってかたさの低下がみられるのは複炭化物の溶け込み量が少なくなり<sup>2)</sup>、マルテンサイトの炭素およびその他の元素濃度が低く、また残留オーステナイトの量も少ない。したがってマルテンサイトの焼もどし効果ならびにオーステナイトのマルテンサイト化が少なかったものと思われる。

#### 3.2 耐久度

耐久度をあらわす方法は種々あるが、生産中での実用実験なので一本のたがねが何回もときなおされて使用され途中刃折れのため、また切れ味の悪さで使用不能になったもの、あるいは好結果が得られるため連続繰返しが行なわれたものなどがあり、繰返し数が各試料によって異なってきている。したがって前報のような方法をとることは困難なので、各結果を分散分析によって各水準間に有意差があるかどうかを検定し、有意差ありと認められたものについて母平均および確率95%の信頼限界を求め各水準の比較を行なった。焼もどし処理によって550、570°Cと2種において合計4グループに分類し、その各々についての各水準間の変動を求めた。各水準数および繰返し数は表3のとおりである。550°C、60分1回の水準数が3になっているのは、作業の關係上測定不能になっているためである。各グループの分散分析の結果

果を表4～表7に示す。550°C、60分1回を除いて他のグループは  $F < F_0$  となり、被目切材の形状寸法および試料の刃の形状ならびに機械の性能などの誤差を考慮に入れても水準間には有意差ありと判定が下される。550°C、60分1回については  $F_0 = 0.033$  で  $F > F_0$  となり、誤差のほうが大きくあらわれ水準間には有意差なしとの判定になる。したがってこの結果は採用できなかった。有意差ありと認められたものについて母平均ならびに95%における信頼限界およびかたさとの関係を求めたものが図2～図4である。信頼限界の範囲が大きく異なっているのは繰返し数の違いによるもので繰返し数が少ない場合には大きく、繰返し数が多くなると小さくなっていて、範囲が大きい場合には小さい場合にくらべその値が比較的正確なことをあらわしている。焼入温度1250°Cおよび1270°Cの試料はSKH3で目切本数も50～70本の範囲で安定している。SKH9については焼入温度およびかたさ値によって相当差があり、焼もどし

表3 各水準および繰返し数

焼もどし			材質	焼入温度 (°C)	繰返し数
温度 (°C)	保持時間 (min)	回数			
550	60	1	SKH 9	1150	3
			"	1170	9
			"	1200	26
			"	1230	測定不能
550	30	2	"	1150	6
			"	1170	31
			"	1150	14
			"	1230	60
570	60	1	"	1170	6
			"	1200	10
			"	1230	29
			SKH 3	1250	49
570	30	2	"	1270	46
			SKH 9	1170	25
			"	1200	47
			SKH 3	1230	17
570	30	2	"	1250	56
			"	1270	14

表4 550°C 60 min 1回の分散分析結果

要因	平方和	自由度	不偏分散	$F_0$	F表
水準間変動(タカネ間)	$S_A = 56$	$\phi_A = 2$	$V_A = 28$	0.033	3.27
誤差変動	$S_E = 30241$	$\phi_E = 35$	$V_E = 864$		
総変動	$S = 30297$				

表5 550°C 30 min 1回の分散分析結果

要因	平方和	自由度	不偏分散	$F_0$	F表
水準間変動(タカネ間)	$S_A = 22242$	$\phi_A = 3$	$V_A = 7414$	15.641*	2.70
誤差変動	$S_E = 50730$	$\phi_E = 107$	$V_E = 474$		
総変動	$S = 72972$				

表6 570°C 60 min 1回の分散分析結果

要因	平方和	自由度	不偏分散	$F_0$	F表
水準間変動(タカネ間)	$S_A = 41819$	$\phi_A = 4$	$V_A = 10455$	18.09*	2.37
誤差変動	$S_E = 77984$	$\phi_E = 135$	$V_E = 578$		
総変動	$S = 119803$				

表7 570°C 30 min 2回の分散分析結果

要因	平方和	自由度	不偏分散	$F_0$	F表
水準間変動(タカネ間)	$S_A = 45115$	$\phi_A = 4$	$V_A = 11279$	44.05*	2.37
誤差変動	$S_E = 40509$	$\phi_E = 154$	$V_E = 256$		
総変動	$S = 85624$				

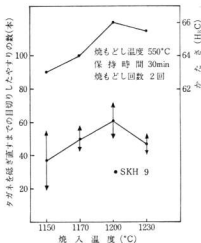


図2 目切り数と焼入温度およびかたさの関係

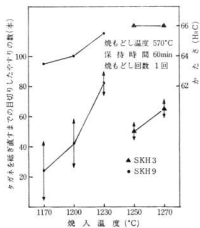


図3 目切り数と焼入温度およびかたさの関係

温度 570, 550°C のいずれにおいても焼入温度が高くなるほど、またかたさが硬くなるほど本数はあがってきている。570°C では 1230°C が最高をしめしかたさも高い。550°C においては 1200°C が最高となり、1230°C では少し下り気味である。かたさ値にしても同様で焼入温度 1230°C の焼もどし温度 550°C が不充分なため、二次硬化現状のピークかたさに達しなかったと思われる。以上の結果よりたがねのかたさ値としては HRC 65~66

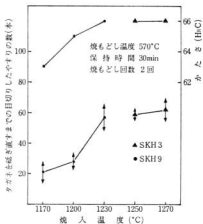


図4 目切り数と焼入温度およびかたさとの関係

は必要と思われる。焼入温度 1150°C 焼もどし温度 200°C については 27回の繰返しで平均が 27本と期待された値が得られなかった。しかし焼入温度 1230°C、焼もどし温度 570°C のものは SKH 3 と同程度かあるいはそれ以上の値が出ているので、もう少し焼入温度と焼もどし温度の関係を調べ実用実験を行なうことにより期待されるデータが求められるものと思われる。

#### 4. 結 言

本実験によりつぎのことが知れた。

- (1) 高速度鋼 SKH 3 では焼入温度が 1250, 1270°C と違って、また焼もどし温度が 550, 570°C と違いさらに保持時間ならびに焼もどし回数の違いによるかたさの変化はみられず、すべて HRC 66 をしめし耐久度においても 50本~70本と安定している。
- (2) 高速度鋼 SKH 9 は焼入温度の高低によってかたさが変化しており、最高かたさは 1200, 550°C、30分2回、1230, 570°C、60分1回および30分2回の各処理においてあらわれている。耐久度は硬いほど大きく 1230°C の焼入れ、570°C の焼もどしであれば SKH 3 と同程度かあるいはそれ以上のものが得られた。
- (3) やすり目切用たがねとしてのかたさ値は HRC 65~66 は必要である。
- (4) やすり目切用たがねに SKH 9 を採用するにはもう少し系統的な焼入温度ならびに焼もどし温度で実用実験を行ない、アンダーハードニングの適応性および二次硬化現象などと耐久度の関係をつきとめる必要がある。

SKH 9 においては焼入温度ならびに焼もどし温度がわずかに高低するだけでかたさが相当変化し、耐久度もそれにつれて変動する。それに反し SKH 3 は熱処理温度に由があり、熱処理作業が SKH 9 にくらべ容易であるから、たがね鋼材としては従来どおり高速度鋼 SKH 3 の採用が望ましい。

終りに本実験を行なうにあたり試料の提供ならびに実験に対し多大な御協力をして下さった楠本製鉄所に心

から感謝します。

#### 文 献

- 1) 石田：本報告，8 (1962) 4
- 2) 杉山，古沢：鉄と鋼，7 (1967) 236
- 3) 北原，安部，福山，稲垣，多田：大防府立工業奨励館報告，47 (1969) 40
- 4) 中井，池沢：品質管理と工場統計，日本文化興業株式会社 (1964)

# やすりに関する研究 (第38報)

## 輸出やすりの切削性能について

鈴木 寛, 石田 節, 新田 明

### 1 概 言

輸出やすりは県下仁力地区において約100%が生産されており、これらのやすりは品質的に相当なばらつきが見られ国内向やすりの品質よりもおとっているように思われる。そこで前回は切味不良のやすりについて、その不良原因を調査し、その結果により輸出やすりの品質向上につとめてきた。その後生産工場の自覚により品質もある程度向上したと思われるので今回は最近輸出されているやすりについて、その切削性能すなわち切味および耐久力について調査を行なった。

### 2 試料と実験方法

日本機械金属検査協会の輸出検査時に表1に示すよ

うな7種類各2本を無差別に抜き取り切味試験、やすりの刃の形状、刃先かたさ、組織検査および切削性能試験を行なった。なお切削性能は佐々木式やすり試験機を使用し、HsC 41.5±0.5 直径10mmの切削試験片を切削行程長さ100mmで500回ごとの切粉の重量を測定した。

### 3 実験結果および考察

#### 3.1 切味試験

採取したやすりの目切部に HsC 54 のかたさ試験棒をあてて切味試験を行なったところ、試料のすべてが合格した。このことは前回の研究<sup>1)</sup>時よりも輸出やすりの切味試験に対する品質はやや向上したものと思われる。

#### 3.2 やすりの刃の形状

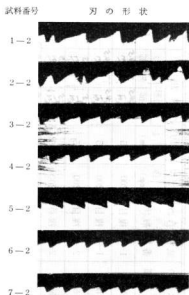
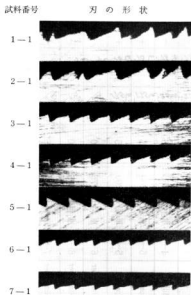


写真1 刃の形状 (×10)





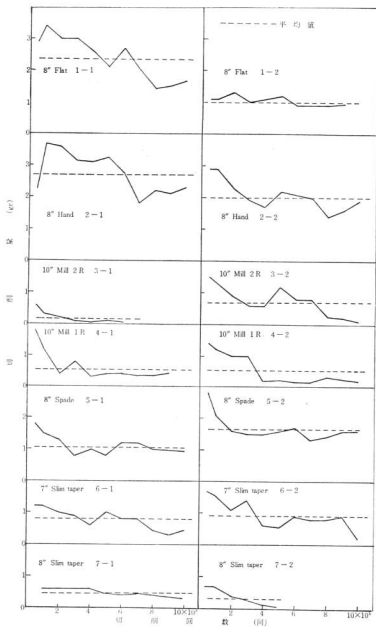


圖1 切削性能試驗結果

やすりの切削性能すなわち切れおよび耐久力は刃の形状の良否に影響されることが大きい。タガネの形状および目切作業の悪いため、表1に示すとおり刃の形状に問題のあるものが見受けられた。すなわちすくい角 $\theta$ は単目やすりで $0\sim 5^\circ$ 、複目やすりで $5\sim 10^\circ$ が従来の研究からよいといわれているが、一般にマイナス側に大きい値をもっているものがほとんどである。逃げ角については $25\sim 30^\circ$ 近くがよいといわれているが、 $25^\circ$ 以下のものが多い。また刃の深さは上目ピッチの1/2近くが必要であるが、全般的に浅く1/3前後のものも多く、1/2以下のものもある。刃の傾きは表1の値でよいと思われる。これらのことは写真1によるとさらによく知れる。表1と写真1より、すくい角は試料1-1, 2-1, 3-2, 7-2がとくに悪い。逃げ角は試料3-1, 3-2, 4-1, 6-1, 6-2, 7-1, 7-2が悪くとくに3-1, 6-1, 7-1, 7-2は少ない。刃の深さは試料6-1, 6-2, 7-1がとくに浅い。刃の先端に丸味がついているのは試料1-2, 4-2, 7-2で刃の先端が鋭く強度が弱いように思われるのは試料3-1, 4-1, 5-1である。以上のように刃の形状のよくないことが切削性能にとくに悪影響をおよぼすものと考えられる。

### 3.3 刃先のかたさ

刃先から $0.03\sim 0.05$  mmの深さのかたさをピッカーカたさ試験機(荷重50g)で測定した結果は表1のようにほとんどの試料はやすりとして十分なかたさであった。しかし試料4-1はややかたさが低い。

### 3.4 刃先の組織

刃先の組織は全試料ともマルテンサイト地に球状炭化物が均一に分布してやすりとしてよい焼入組織になっていた。ただ顕微鏡で刃先のごく先端を観察すると3-1, 4-2, 5-1, 6-1の試料の刃のごく先端に焼もどしマルテンサイトがあらわれていた。また4-1の試料の刃には焼もどしマルテンサイトが全面にあらわれていた。

### 3.5 切削性能試験

切削性能試験の結果は図1に示すように複目やすりでは試料1-2の結果が悪いがこれは刃先の先端に丸味がついていることが原因していると思われる。単目やすりで切削性能のよくない試料3-1は刃の先端に焼もどしマルテンサイトが一部あり、先端が細く刃の強度がなく、逃

げ角が少ないこと、試料4-1は刃の部分全面に焼もどしマルテンサイトがあり、刃部のかたさが低くまた先端が細いこと、試料4-2は刃の先端に焼もどしマルテンサイトが一部あり、また先端が丸いこと、試料5-1は刃の先端に焼もどしマルテンサイトが一部あり、先端が細いこと、試料6-1は刃の先端に焼もどしマルテンサイトが一部あり、刃が浅く、逃げ角が少ないこと、試料6-2は刃が浅く、逃げ角が少ないこと、試料7-1は逃げ角、刃の深さがとくに悪いこと、試料7-2は逃げ角、すくい角が悪く、刃先の丸いことが切削性能を悪くしている主な原因と考えられる。しかしやすりの切削性能の良否に影響する因子は刃の形状、組織、かたさ、切削作業法などが考えられ、その影響は複雑であり、やすりの切削性能はこれらの因子の総合的な影響によるものと考えるのがよい。切削量の500行程ごとの平均は少なくとも複目で2g以上、単目で1g以上にしたいた。

## 4 結 言

今回の調査によると刃先のごく先端に焼もどしマルテンサイトのある一部のやすりの他はかたさおよび組織には問題なかった。前回の切れ不良の調査時よりも切れ味についてはよくなっていると思われた。しかし切削性能のよくないやすりが多数見受けられたのは刃の形状が悪いことが大きな原因であり、これは目切作業の能率を向上させるためタガネの形状不良、毎分の目切回数の増加、タガネ打込力不足などが起因しているものと考えられる。輸出やすりではコストを低下させる目的で作業中種々な点が軽視される傾向があり、切削性能が悪いため不良品となり、逆にコスト高している例もある。また最近では発展途上のやすり生産に対する意欲が向上し、品質のある程度よいやすりが輸入されることも考えられるので輸出やすりメーカーにおいては各工程ごとに十分な注意をはらい、やすりの品質の向上に努められたい。

終りに本実験を行なうにあたり試料の採集を蒙りいただいた日本機械金属検査協会検査所にお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 石田, 新田, 鈴木: 本報告, 13 (1971), 41
- 2) 石田, 大下, 上田, 加城: 本報告, 9 (1963), 1

# やすりに関する研究 (第39報)

## 輪出用やすりの焼なましについて

荻山 信行, 鈴木 寛

### 1. 結 言

本県特産のやすりは全国シェアの約85%を占めており、仕向先でみると国内70%、輸出30%となっている。主な輸出先は東南アジア40%、中南米20%、北米17%、東アジア10%、その他13%である。

やすりの完成品は日本機械金属検査協会によりきびしい検査が行なわれているが、工程途中の検査はほとんど行なわれていない。

やすりの切味不良の主な原因は目の形状、脱炭層、球状化不良等であるが、脱炭層、球状化不良は焼なまし作業が大いに影響する。

そこで今回は輸出向やすりの10インチ以下の鉄工平・丸・半丸および三角やすりについて、焼なまし材を研磨した試料の球状化状態、脱炭層およびかたさについて調査を行なった結果を報告する。

### 2. 試料および調査方法

#### 2.1 試料

試料は7社より提供のあった4種類の計20本を、図1

に示すように1本の試料から(a)、(b)の位置より採取した。(a)は火造加工時の影響があると思われる位置、(b)は火造時の影響がないと思われる位置である。



図1 試料採取位置

#### 2.2 調査方法

試料横断面の炭化物の球状化状態、脱炭層、かたさについて調査を行なった。炭化物の球状化状態は炭化物の形状を6種類に分け、炭化物の大きさも測定した。脱炭層は表面より素材組織になるまでの最大値を求めた。またかたさはロックウェルかたさ試験機 HxB (HxC) で3点を測定しその平均値を求めた。

### 3. 調査結果と考察

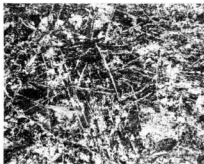
表1は各試料の炭化物の球状化組織タイプ、炭化物の大きさ、脱炭層の深さ、およびかたさの測定値をまとめたものであり、試料 No. はやすりの種別を示し試料1

表1 焼なまし材の測定結果

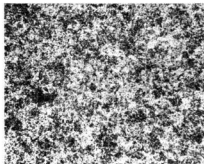
試料No.	やすりの種類	球状化のタイプ		脱炭層 (mm)		かたさ HxB (HxC)	
		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
1	EXTRA SLIM TAPER	E	E			90	91
1 <sup>+</sup>	"	B	F	0.03	0.03	97	90
2	5 <sup>+</sup> SLIM TAPER	B	C			97	95
2 <sup>+</sup>	"	A	B			(35)	(21)
3	6 <sup>+</sup> SLIM TAPER	A	B			(23)	99
3 <sup>+</sup>	"	C	D			95	94
4	7 <sup>+</sup> SLIM TAPER	D	D	0.02	0.06	96	96
4 <sup>+</sup>	"	C	C	0.2	0.08	96	97
5	8 <sup>+</sup> REGULAR TAPER	C	C	0.02	0.03	94	95
5 <sup>+</sup>	"	C 3.0 $\mu$	C			96	95
6	10 <sup>+</sup> ENG THREE SQUARE	E 3.2 $\mu$	D 3.2 $\mu$			93	93
7	10 <sup>+</sup> ENG HALF ROUND	D 3.0 $\mu$	D			95	95
8	8 <sup>+</sup> ENG ROUND	F	F			88	90
8 <sup>+</sup>	"	B	E	0.07	0.08	99	93
9	8 <sup>+</sup> SPADE	A	A			(24)	(25)
9 <sup>+</sup>	"	D	D			94	95
10	8 <sup>+</sup> HAND	D 3.0 $\mu$	E			94	93
10 <sup>+</sup>	"	E 4.0 $\mu$	E 3.0 $\mu$			92	92
11	6 <sup>+</sup> ENG HALF ROUND	E 3.7 $\mu$	E			89	90
11 <sup>+</sup>	"	C 3.7 $\mu$	B			95	95

と1'は同種類を示す。

やすりの切削耐久力に影響する主な因子は炭化物の形状、大きさ、分布状態が考えられ炭化物は小さく完全球状化し、均一分布しているのがよい。そこで炭化物の球状化の形状をA～Fの6種類の型におけ、A型は網状炭化物とパーライト組織、B型はパーライト残存、C型は網状炭化物の長さが市の10倍以上、D型は4～10倍、E型は2～4倍、F型は2倍以下のもの完全球状化に近い組織とした<sup>1)2)</sup>。この球状化組織のタイプと比較して判定を行なったのが表1の記号A～Fである。また表中の3.0 $\mu$ の値は炭化物の大きさであり、記入のないものは2.5 $\mu$ 以下のものである。同表より球状化タイプはA～F型まで種々雑多であり、No. 9のようにまったく焼なましの効果はなく網状炭化物とパーライトのA型である。No. 2'、No. 3のように1本の試料で採取位置によって(a)の位置は(b)の位置に比較し針状炭化物の析出しているA型であり、これは先の部分の(a)は火造時1,200°C以上に過熱したためと思われる<sup>3)</sup>。これを写真



(a) の位置



(b) の位置

写真1 1本中の採取位置による組織差(×400)

1に示す。このように針状炭化物が析出したものは炭化物を球状にすることは非常に困難である。球状化組織の悪いA、B、C型は約半数あり、これは焼なまし温度の低い場合、保持時間の短い場合、火造温度の高い場合、およびA<sub>1</sub>変態点を速く冷却した場合に生じやすい。

炭化物は焼なまし温度が高く、長時間保持した場合に凝集を起こし大きくなる。写真2に炭化物粒の凝集した試料No. 10'の組織を示す。

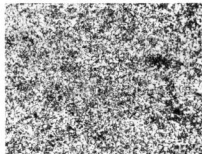


写真2 炭化物の凝集(×400)

脱炭層はほとんどなく十分研磨をしているように思われるが、写真3は試料No. 4-(b)の組織で表面よりフェライト、パーライトと脱炭している。このように脱炭層をもった素材を焼入れすれば、焼割れ、焼ひずみを生じることも考えられ、また製品の切味不良、切削耐久力不足の原因になるので脱炭層は完全に排除する必要がある。

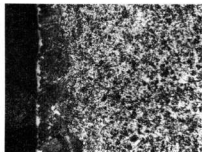


写真3 脱炭層(×400)

表1よりやすりの目切作業に直接影響する焼なましかたさはHsC 35～HsB 88と広い範囲にわたっている。このかたさの関係を図2に示す。同図よりかたさと組織の関係はA型が最もかたく、F型になるにつれて低くな

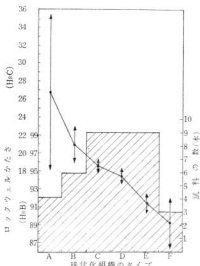


図2 球状化組織のタイプの数と硬度の関係

っている。このことより硬度を測定することによりある程度組織を推察することが可能である。図中の黒丸は平均値であり、範囲は平均値の95%信頼限界を示す。A型およびF型のかたさは非常にばらついている。やすりの焼なまし材のかたさは HxB 90 前後、球状化組織は E、F型が目切作業および切削耐久力によいといわれているが、全体に焼なまし温度、保持時間とも不足と思わ

れわず約90%がE、F型になっている。

一般に炭化物と硬度の関係は炭化物が大きくなると炭化物の数が少なくなり硬度は低くなる。また小さい炭化物が数多く分布すると硬度は硬くなるといわれている。

#### 4. 結 言

輸出用やすりの焼なまし材を研磨した素材の組織、硬度を調査した結果つぎのようなことが判明した。

- (1) 球状化組織は温度、時間とも不足で全般に悪く、わずかに30%がE、F型とよく炭化物も比較的小さい。しかし2、3火造温度が高く針状炭化物が析出している。
- (2) 脱炭層はほとんど残ってなく、表面の脱炭層削除は十分行なわれている。
- (3) 焼なまし硬度は HxC 35~HxB 88 の範囲にあり、球状化タイプはA型が最も硬くF型になるにつれて軟かい。

以上のように焼なまし材を研磨した素材は種々の問題があり、特に火造・焼なまし作業には留意し品質のよいやすりを輸出し、発展途上の急迫に対処できるようにやすりの製作に努力されたい。

おわりに試料の提供をいただいたやすり工場7社にお礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) 石田, 勘山: 本報告 10 (1965) 21
- 2) 石田, 勘山, 鈴木: 本報告 12 (1969) 61
- 3) 石田, 勘山: 本報告 11 (1967) 7

## やすりに関する研究 (第40報)

やすりあたりによるかたさの判別について (その2)

菊山 信行, 石田 節

## 1. 緒 言

現在のかたさ試験機は非常に精度よく測定できるが、測定される品物の大きさ・形状・重量には制限がある。これらの不便さを解消する一つの方法として、簡便で、現場的なやすりあたりによるかたさの判別がある。この方法はやすりにより試験片を切削し、そのときの切削音、切削の量、および手に感じる切削抵抗等の要因もあるが、主に手に感じる切削抵抗によって判別されている<sup>1)</sup>一種の官能検査である。

前回<sup>2)</sup>の試験ではかたさの高い HsC 57~63 の範囲での正解率は比較的良好だったが、HsC 51~55 のかたさの低い範囲では正解率は悪かった。これは検査に使用した市販やすりのかたさと試験片とのかたさの差が大きいため判別が困難となったものと考えられる。

今回の実験ではやすりあたりによるかたさの判別の正解率を向上させる目的で市販のやすりに適当な焼もどしを行い、やすりのかたさを HsC 51~55 の低い範囲の試験片に近づけて、前回と同様に官能検査の手法を応用して行った。また判別の精度・範囲についても解析した。

## 2. 試験片と実験方法

## 2.1 判別に使用したやすり

判別に使用したやすりは単目で、刃の強度が強く、切削抵抗の比較的わかりやすい 125 mm 両刃やすりを焼もどしにより HsC 60 と HsC 58 (やすり横断面の刃先かたさ、以後やすりのかたさは同よう) の2種類にした。

## 2.2 かたさ試験片

SKS 8 を焼入焼もどしにより HsC 51, 53, 55 の約 2 硬度差の範囲で製作した。試験片の形状は 200 mm × 15 mm × 3 mm の棒状とし、期待の効果をできるだけ避けるため盲試験片とし、柄の部分にビニールテープをまいた。

切削条件を同じにするため試験片の角には丸みをつけた。

## 2.3 判別の方法

判別の方法は前回と同よう一方を基準として他方を評価する一対比較法<sup>3)</sup>を採用した。これは 2 本の試験片をおのおのやすりで削り、切削抵抗の大きさを比較し切削抵抗の小さい方を硬いと判別した。

## 2.4 実験方法

最初に HsC 60 のやすりを使用して HsC 51, 53, 55 の 3 本の試験片を任意の 3 組合わせて行い、1~2 日間隔で 4 回の反復を行った。1 週間後に HsC 58 のやすりを使用して、同ように 4 回の反復を行った。

検査員は前回の 12 名である。

試験片を切削する方法は写真 1 に示すように試験片を固定し、やすりを動かす方法を採用した。実験を行うにあたってはやすりを試験片にあてる角度、切削速さ、試験片を押える力は各検査員にまかせた。

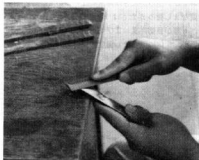


写真1 切削方法

## 3. 実験結果および考察

3.1 やすりかたさの判断とかたさの順位<sup>1)</sup>

試験片をやすりで切削しかたさの軟かい順序にならべた結果を図 1 に示す。縦軸はかたさの判定の順位で検査員 12 名反復 4 回の平均である。順位の低いものはかたさの低いことを表わし、順位の高いものはかたさの高いことを表わす。横軸はロックウェルかたさである。図 1 (a)、(b) はそれぞれやすりのかたさ HsC 60・HsC 58

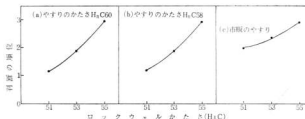


図1 ロックウェルエかたさと順位の関係

表1 検査員の判断の一致性

	検査員	反復	判断の一致した数	一致性の係数	自由度	$X^2_{(0.05)}$	$X^2_{(0.01)}$
やすりのかたさ HsC 60	12名	1	155	0.566	4	35.4	>13.3
		2	167	0.687	4	31.2	>13.3
		3	167	0.687	4	31.2	>13.3
		4	160	0.616	4	28.4	>13.3
やすりのかたさ HsC 58	12名	1	171	0.727	4	32.8	>13.3
		2	171	0.727	4	32.8	>13.3
		3	156	0.576	4	26.8	>13.3
		4	187	0.889	4	39.2	>13.3

の結果であり、(a)、(b)ともに判断の順位はロックウェルかたさとほぼ直線で変化し正しい順位づけである。完全に正しい順位づけをした場合は45度傾斜の直線となる。図1(c)に前回の市販されているやすりを使用した場合の判断の順位を示す。判断の順位はにぶくなっている。このことよりやすりのかたさを試験片に近づけることにより、正しい順位づけができ、相関も高くなる。

### 3.2 判断の一致性

12名の検査員の判断の結果がどの程度一致しているかを求めたものが表1の一致性の係数 $\mu$ であり、全員の判断が完全に一致すれば1になり、半分の6人が一致すれば-0.09になる。一致性の係数はやすりのかたさが低いHsC 58(表1の下段)の方がやすりのかたさ HsC 60よりわずかであるがよくなっている。

つぎにカイニ乗( $X^2$ )検定により、検査員12名が勝手な規準で判別したものか、あるいは同じ規準で判別したものかを求めると同表のように $X^2(f, 0.01)$ は13.3となり、 $X^2_f$ の値は十分大きいから同一規準で判別したものとみなされる。

反復による値はこの実験ではばらついている。

### 3.3 判別の正解率

検査員12名全員が反復4回計48回の判別を行い、そのおのおのの組み合わせの正解率を図2に示す。図の中央の線より上は軟かい試験片との比較、下は硬い試験片と比較した場合の正解率を示す。図2(a)、(b)はそれぞれ

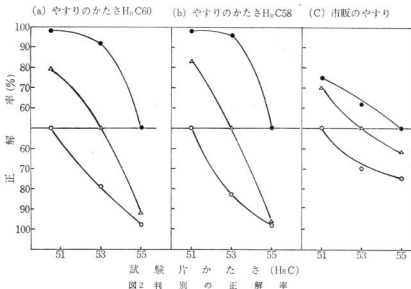
やすりのかたさ HsC 60 および HsC 58 の結果であり、黒丸印は HsC 55 の試験片と他の試験片を比較判別した場合の正解率を示す。やすりのかたさが試験片のかたさに近い HsC 58 の方がわずかであるが正解率はよい。参考に前回の市販されているやすりを使用した場合の結果を図2(c)に示す。市販のやすりにはかたさが高いため判別が困難である。HsC 60・HsC 58 のやすりでの判別は前回と同ように比較する試験片相互の差が大きいほど正解率はよい。

表2に反復による正解率を示す。反復による正解率はばらついているが、HsC 60のやすりおよびHsC 58のやすりによる全体の正解率はそれぞれ89.6%、92.3%であり、いかにすると89.6%、92.3%の確率で判別が可能といえる。やすりのかたさと試験片のかたさは接近している方が正解率はよい。これは試験片のかたさとやすりのかたさの差が小さいためわずかの切削抵抗を判別しやすいためと思われる。

表2 反復による正解率(%)

反復	やすりのかたさ HsC 60	やすりのかたさ HsC 58
1	86.1	91.7
2	91.7	91.7
3	91.7	88.9
4	88.9	97.2
全体	89.6	92.3





#### 4. 結 言

市販のやすりを使用した場合、低いかたさ  $H_{\alpha}C$  51~55の試験片のかたさの判別は困難であるが、 $H_{\alpha}C$  60・ $H_{\alpha}C$  58のかたさに焼もどしをしたやすりを使用して比較判別を行った結果つぎことが判明した。

(1) ロックウェルかたさの判断の順位づけは正しく、判断の順位とロックウェルかたさの間には相関がある。

(2) 検査員12名の間には判断の一致性があり、また12名の検査員は判別能力がある。

(3) かたさの低い試験片  $H_{\alpha}C$  51, 53, 55 を  $H_{\alpha}C$  60 および  $H_{\alpha}C$  58 のやすりにより判別した結果、正解率は非常によく、やすりのかたさを試験片のかたさに近づけることにより判別能力は上昇する。

人間の官能を利用したやすりあたりによるかたさの判別に関する前回および今回の研究の結果、被測定物に対

しやすりのかたさを適当にすることにより判別能力は上昇する。この検査法をかたさ試験の補助として、工程途中および製品の管理に採用することを期待する。

一般に人間の感覚を利用した検査法は精度がよくないと考えられていたが、統計的手法を導入することにより高い精度が得られることが推察できるので他の検査法にも官能検査を導入されることを望む。

おわりに官能検査に協力をいただいた各検査員の皆様に深く感謝します。

#### 文 献

- 1) 鴨下, 矢野: 硬さと強さの研究, 3 (1970) 21
- 2) 石田, 功山, 新田: 本報告13 (1971) 35
- 3) 増山, 三浦: 工業における官能検査ハンドブック日科技連 (1968) 287

# 手縫針の研究 (第24報)

## 手縫針の弾性について

加 城 正 義

### 1. 緒 言

県内の製針業は輸出を前提としてなり立つ特異産業の一つである。戦後多くあった製針工場も現在ではマシン針製造業を含めて、12社が質実な経営を維持している。

生産状況は全国生産額の約80%、輸出額の100%を占めている。

従来から産地診断あるいは現地技術指導等で業界の一つの大きな課題であった素材の問題<sup>1), 2), 3), 4)</sup>が品質向上の点から大きくクローズアップされて来た。すなわち従来の軟鋼線材を高炭素鋼線材へ切換えて、浸炭工程の廃止と品質向上を図ろうとしているが、素材線径の問題があり、一産硬鋼線材五種(0.75% C)で生産されており、高級品として販売されている。

高炭素鋼線の組織はフェライト地に微小球状セメントイトが均一に分布した、いわゆる冷間伸縮加工組織である。これらの素材を成形後焼入れ焼もどしにより、適当な靱性を備えた良好な組織で均質な製品とすることができる。

広島県製針業界はイギリス、西ドイツ等とならんで有数の産地であるが、イギリスや西ドイツの製品は全製品が鋼線材を使用している。

高炭素鋼線材は軟鋼線材にくらべて2~3倍の素材費がかかり、また手縫針の価格も他の物価にくらべて、著るしく安い等の事情から全面的な切換えはまだ行なわれていないが、最近では品質の改善に加えて労働力の不足および作業改善等の利点から、鋼線への切換えは時間の問題となっている。

鋼線材の生産では調質条件、成形加工と型の耐久度等技術上の問題点はあるが、従来の浸炭品と鋼線調質品の品質のうち、もっとも重要な弾性について比較資料として業界に提示し、早急に鋼線材へ切換えることにより、外国製品の品質水準を維持できるように指導の基礎データを得ることを目的とした。

### 2. 試料と実験方法

#### 2.1 試料および熱処理条件

製品としての手縫針を表1のように呼び記号、洋寸半、モ八およびS・No.6の直径の同じ0.76mmで長さ異なる三種を選び、弾性の目安として断面硬さ、曲げ破壊係数、たわみ量およびJ I S規格による弾性試験を行なった。

熱処理は洋寸半(鋼線)が焼入温度800°Cで加熱時間を2minとし、モ八(軟鋼線)900°C浸炭、浸炭時間210min、焼入温度800°C、S・No.6(軟鋼線)890°C浸炭、浸炭時間210min、焼入温度770°Cの各条件で熱処理を行なっている。

#### 2.2 測定方法及装置

手縫針断面硬さは各中央部の断面をマイクロピッカーすかさ試験機(HMV300g)で、図1(a)のように三点を測定し、三点の平均値を測定値とした。

曲げ破壊係数は曲げ抵抗または曲げ強さとしての性質を「曲げ破壊係数」<sup>5), 6)</sup>としてまとめたもので、島津式万能試験機(光テコ式記録装置付、縦軸を荷重10kg、横軸を試験片変形度、×1/2.5)により測定し、図1(b)および次式から求めた。

表1 素材線および調質条件

呼び記号	素材線の J I S 記 号	炭 素 含 有 量 (%)	製品直径 (mm)	製品長さ (mm)	焼入温度 (°C)	浸炭温度 (°C)	焼もどし温 度と時間 (°C) × (min.)	備 考
洋寸半	SWRH5	0.65~0.75	0.76	31.8	800	/	160×15	鋼線調質
モ 八	SWRM3	0.15以下	0.76	54.6	/	900	180×15	浸炭調質
S・No.6	SWRM3	0.15以下	0.76	39.7	/	890	/	浸炭焼入のみ

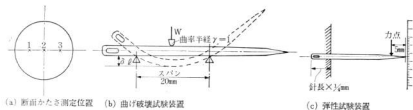


図1 各試験装置の概要

手錠針が曲げ荷重をうけて弾性的にわん曲しているとき、その断面には応力が0となる中立軸を境として凸側に引張り応力、凹側に圧縮応力が働き、その大きさを $\sigma$ は

$$\sigma = \frac{Mh}{I} \quad (1)$$

で表わされ、また針の直径を $d$ 、支点間の距離を $l$ 、断面二次モーメントを $I$ 、荷重の大きさを $W$ とすれば、この場合最大モーメントは $Wl/4$ であることから、最大応力 $\sigma_m$ は

$$\sigma_m = \frac{Wdl}{8I} \quad (2)$$

で表わすことができる。この関係は手錠針が比例限度内にある場合だけ成立つが、曲げ破壊試験では手錠針を折るのに要した荷重を(2)式に代入して得られる応力の値を曲げ強さの目安とすることができる。

この値は手錠針が折れるときの真の応力値を示すものではないから、一般に $\sigma_m$ を「曲げ破壊係数」として使用されるものである。

たわみ量については曲げ破壊係数の測定時の記録により、まったく同条件で行ない、手錠針が破壊する瞬間のたわみ $\delta$ を測定した。

弾性試験は JIS-3008 (1961) により図1(c)のように針尖側を針全長の $1/2$ を固定できる治具を製作し、これにより固定支持し、先端から5mmの点を力点として表2のように曲げ速度 2.2 mm/min. で曲げ、約5秒保持して力を除去したのちの残留変形 $\delta$ を測定した。

表2 弾性試験条件 (mm)

手錠針の呼び記号と長さ	湾曲量	力点 (先端から)
洋寸半 31.8 (35.0未満)	2	5
モ 八 54.6 (54.5以上)	7	5
S-No.6 39.7 (39.0以上)	3	5

### 3. 結果と考察

#### 3.1 断面かたさ

表3 各手錠針横断面かたさのパラツキ (N=5)

	洋寸半 (鋼線調査)	モ 八 (軟鋼線 浸炭調査)	S-No.6 (軟鋼線 浸炭焼入)
かたさ平均値	801.72	743.9	645.7
かたさの範囲 R	24.6	73.0	52.3
かたさ分散 V	61.63	615.63	666.83
標準偏差 S	7.85	24.81	25.82

弾性係数 $E$ あるいは剪断弾性係数 $G$ 等材料の弾性について知ることは重要であるが、現場的にはこれらの目安として弾性の要因である硬さ、曲げ抵抗力または組織などの試験で十分目安となるものである。

三種の試料を $N=5$ とし、断面硬さの測定結果は表3のように試料洋寸半(鋼線)に測定箇所1, 2, 3の硬さのパラツキも少なく、また $N=5$ のパラツキも他の試料モ八, S-No.6にくらべて小さい。

試料モ八(軟鋼線浸炭調査)では断面三点におけるパラツキがあり、範囲Rも73と大きい。この原因としては浸炭および焼入れ焼もどしムラが考えられる。

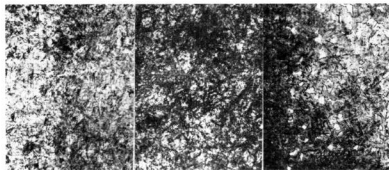
軟鋼線材に浸炭焼入れ処理のみしたS-No.6は断面中央部が5試料ともHv 30~60の硬度差があり、試料間でもHv 20~30のパラツキを生じている。このことは写真1でもわかるように、浸炭温度が手錠針モ八にくらべて、40°C低いことにより、中心まで浸炭されておらず、また周囲の硬さも浸炭による炭素含有量も少なくHv 661~761で、他の針にくらべて軟かい。試料S-No.6は浸炭焼入れ温度を下げて焼もどし工程の省略を試みたものであるが、硬さムラおよび組織ムラが大きいことから、この試みは品質的にムラがあることから期待できない。

#### 3.2 曲げ破壊係数およびたわみ

各試料について破壊瞬間までの曲げ抵抗(kg)を測定し、(2)式により曲げ破壊係数を求め、また同因の記録からたわみ量を測定した結果が表4である。

表4 曲げ破壊係数 ( $\sigma_m$ ) およびたわみ ( $\delta l$ ) ( $N=20$ )

手続針 平均および バラツキ	洋寸半 (鋼線調質)		モハ (軟鋼線浸炭調質)		S-No.6 (軟鋼線浸炭焼入れ)	
	$\sigma_m$	$\delta l$ (mm)	$\sigma_m$	$\delta l$ (mm)	$\sigma_m$	$\delta l$ (mm)
試料平均 $\bar{x}$	360.7	1.73	288.9	1.32	336.5	1.74
範囲 R	41.9	0.48	74.4	0.72	93.0	1.00
試料分散 V	187.97	0.033	335.52	0.044	465.03	0.125
標準偏差 S	13.71	0.283	18.32	0.21	21.56	0.35

写真1 各手続針横断面の組織例 ( $\times 100$ )

断面硬さでは鋼線材の洋寸半以外の手続針はかなりのバラツキがあり、曲げ破壊係数においてはさらにバラツキが予想されるので、サンプリング  $N=20$  として試験を行なった。

この結果曲げ破壊係数は硬さ値がもっとも高かった洋寸半が大きく、ついで S-No.6 (軟鋼線浸炭焼入れ) が洋寸半より  $\sigma_m$  25% ほど低い。もっとも小さいのがモハ (軟鋼線浸炭調質) で洋寸半より  $\sigma_m$  70% 低下している。顕微鏡組織の観察では写真1(c)のように均一な焼もどしマルテンサイトであり、弾性に対しても予想どおり好結果を示した。

試料モハと S-No.6 は相反した結果を生じている。すなわちモハは硬さ値が S-No.6 よりも Hv88 高いが、曲げ破壊係数は  $\sigma_m$  47% 低い。この現象は低温で浸炭したことにより、写真1(b)のように厚さ約 0.01~0.02 mm 程度浸炭されていて、浸炭小物部品に应用されるオーステンパ表面硬化処理の効果による原因であると考えられる。

すなわち、手続針 S-No.6 は表面の浸炭層と浸炭されていない中芯部の二つの等温変態曲線をもっていること

により、焼入れに対して最初心部の低炭素部が変態を起し、まだ変態を起していない表面部に引張応力を与え、ついで表面部が変態を起して、さらに膨張し、最終的に表面部に圧縮応力が残留して、曲げ破壊係数が大きく表われたものと推定される。

### 3.3 弾性

手続針の弾性については JIS 規格 S5008 で試験法を規定しており、これにもついで測定した結果を表5に示した。サンプリング  $N=10$  の弾性試験では洋寸半、モハおよび S-No.6 の順に曲げに対する残留ひずみが大き

表5 各手続針の弾性試験 ( $\sigma_y$ ) ( $N=10$ )

	洋寸法 (鋼線調質)	モハ (軟鋼線 浸炭調質)	S-No.6 (軟鋼線 浸炭焼入れ)
試料平均 $\bar{x}$	0.24	0.26	0.31
範囲 R	0.28	0.3	0.4
試料分散 V	0.012	0.01	0.027
標準偏差 S	0.11	0.1	0.16

く、硬さ試験の結果に一致している。

バラツキについては各試料とも大きな差はないが、硬さ試験と同様に手縫 S-No.6 がやや大きい。JIS規格で規定している許容残留ひずみは直径 0.71~0.76mm の手縫針で 0.25mm となっており、この範囲内にあるのは洋寸半だけであり、モハおよび S-No.6 はわずかながら残留ひずみが大きく、不合格という結果である。しかし残留ひずみは肉眼測定であるから多少の誤差も考慮する必要がある。

#### 4. 結 言

手縫針の外国製品は浸炭処理をしない鋼線材を使用することによって、品質が均一であるといわれている。広島手縫針も一部鋼線で生産されているが、浸炭作業がなく、作業環境が改善されるほか、ひずみの減少、先端研磨ムラがなく「品質の低下、寸切れ不良」がなくなる利点が認められている。

最近業界で全面的に鋼線に切替える気運が高まっているので手縫針のもっとも重要な品質である弾性について鋼線品および軟鋼線品との比較試験を行なった結果はつぎのとおり要約できる。

(1) 鋼線製手縫針の硬さは従来の軟鋼線製手縫針よりも高く、試料断面および試料間のバラツキはともに小さい。軟鋼線材に浸炭調質した手縫針は断面硬さのバラツキは小さいが、試料間のバラツキはとくに大きい。

また軟鋼線材に低温浸炭入れのみの処理では硬さの

バラツキも大きく、組織も不良である。

(2) 曲げ破壊係数を各処理した試料について比較すると鋼線材調質試料が著ちじるしく大きく、軟鋼線材に適当な浸炭入れ焼もどし処理した試料よりも、浸炭不足ならびに不完全焼入れした試料が大きいが、バラツキも大きい。

(3) 弾性試験としては断面硬さに比例して、鋼線手縫針が他の軟鋼線材よりも好結果を示したが、その差はわずかである。JIS規格で規定した許容残留ひずみは鋼線針が範囲内にあり、他の手縫針はわずかであるが範囲外にあることがわかった。

以上の結果から手縫針の弾性については鋼線製が従来の軟鋼線製よりもかなり優秀であり、バラツキも少なく均一な弾性をもった手縫針の製造が容易であると考えられる。

おわりに実験の協力をいただいた万国製針株式会社山田技術課長にお礼を申し上げます。

#### 文 献

- 1) 池田, 石田: 本報告, 10 (1965) 33
- 2) 池田, 石田: 本報告, 11 (1867) 26
- 3) 加城, 石田: 本報告, 11 (1967) 31
- 4) 石田, 加城: 広島県製針業産地診断報告書, 31 (1969) 146
- 5) 運沼, 山本: 計測工学, 東京学院工学 (1966) 140
- 6) 日本機械学会編: 機械工学便覧 (1937) 532

# 産業廃棄物の活用研究 (第1報)

## 長石粉分級課程において排出される水中懸濁物の活用研究

蔵本 範雄, 浜岡 英男

### 1. 緒 言

長石は窯業原料鉱石のうちで、比較的低温でよく融することが特徴で、他の窯業原料に配合されて融剤としての働きをする。主な用途としては、陶磁器の素地および釉薬、ガラス、ホーロー製品、研削砥石などである。

県下におけるある長石粉製造工場においては、それら購入せる塊状長石をジョークラッシャー、トロンミルによる粉砕、磁選による脱鉄の各工程の後、水職工程により分級選鉱を行っている。その分級最終槽にては、長時間放置後、上層液を排出して、下層の沈殿物を他長石粉と混合して販売している。

その上層液の性状を表1に示す。

表1 上層液の分析結果

項 目	分析値	項 目	分析値
P H	8.0	溶解性蒸気残留物 (ppm)	16,000
	9.0		150,000
全蒸気残留物 (ppm)	30,000	S S (ppm)	14,000
	270,000		120,000

それは、フィルタープレス排水、洗浄水等他の分級課程に於て生ずる排水と共に放出されるが、その水中懸濁物が各種の被害を与え、公害発生源となっている。

そこでそれらの被害を防ぐと共にスラッジ処理ならびに長石資源の枯渇化に対処する目的で、各種の凝集剤を用いて凝集処理実験を試みるとともに、そのスラッジの活用可否について実験を行ったので報告する。

### 2. 試料と実験方法

#### 2.1. 凝集実験

##### 2.1.1. 試 料

水職課程最終槽の上層液を用いた。その全蒸気残留物は、約 30,000 ppm であった。尚各試験に用いた試料は同一上層液であるが、時間の経過と共に多少濃度等に差があった。

##### 2.1.2. 凝 集 剤

凝集剤として次のものを使用した。

#### (1) 無機凝集剤

・硫酸アルミニウム

#### (2) 高分子凝集剤

・カチオン性凝集剤 (市販のK社製……液状)

・非イオン性凝集剤 (市販のS社製……粉末)

・弱アニオン性凝集剤 (市販のS社製……粉末)

#### 2.1.3. ジャーゲスト

試料 500 cc をビーカーにとり、その中に凝集剤を適当に添加し、ジャーゲストを行なった。

尚、攪拌条件は、急速攪拌 150 rpm につづいて、低速攪拌 30 rpm 各5分づつ行ない、1分間静置後、直ちに沈降容量の測定を始めた。

### 2.2. スラッジ活用実験

#### 2.2.1. 試 料

凝集実験で得た、5種のスラッジを上澄液を除き脱水し、これを試料とした。そしてそれらの性状ならびに焼成等の実験を行い、一般長石 (金丸長石又は福島長石) と比較した。試料として用いたスラッジの凝集条件は、表2の通りである。

表2 活用実験の試料 (スラッジ) と凝集条件

試料No.	凝 集 剤 の 種 類	(形状)	添加量 (ppm)
1	無		
2	硫酸アルミニウム	—	600
3	カチオン性(K社製)	(液状)	600
4	非イオン性(S社製) 硫酸アルミニウム	(粉末)	80
		—	600
5	弱アニオン性(S社製) 硫酸アルミニウム	(粉末)	60
		—	600
6	一般長石粉 (金丸又は福島長石)		

#### 2.2.2. 化学成分ならびにゼーゲル凝浴温度

試料を常法により化学分析を行なった。赤ゼーゲル凝浴温度は、試料により小型炉を作り電気炉を用いてその浴温度を測定した。

#### 2.2.3. 示差熱分析ならびに熱天秤試験

各試料とも、(島津) 自記示差熱分析装置により測定を行なった。

### 2.2.4. 結合剤の熔融状態 (ポタンテスト)

試料により、径 12 mm、高さ 10 mm の円筒形を作り、アルミ板上にのせ、1,300°Cにて電気炉を用い製煉して、その焼成後の性状を調べた。

### 2.2.5. 試験体の成型と焼成

試料80, 天草陶石10, 蚌目粘土10, の割合<sup>1)</sup>にて、ワイトリアイド砥石結合剤を調合し、その10を遅粒(GC #60) 50, デキストリン約3の割合にて混合した。そしてそれを用いて 80 mm × 28 mm × 10 mm の長方体に成形した後、電気炉中で昇温速度 3.5°C/min. で加熱して 1,300°Cにて1時間保持し焼成した。

### 2.2.6. 曲げ, 結合度試験

曲げ試験は、アムスラー型万能材料試験機を使用して曲げ強度を測定した。

結合度試験は、大越式結合度試験機を使用して、JIS R 6240 (研削といし試験方法) により、ピットく込み深さを測定した。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1. 凝集実験

3.1.1. 硫酸アルミニウムを凝集剤として用いた場合  
硫酸アルミニウムを凝集剤として用いた時間経過による沈降容量を図1に示す。図より 400 ppm 以下には凝集不能であるが、600 ppm 以上においては、緩慢であるが、ある程度の凝集は可能であることが理解される。

### 3.1.2. 高分子凝集剤のみ単独に用いた場合

(1) カチオン性凝集剤 (市販のK社製……液状) を用いた場合

結果を図2に示す。図より理解出来るように 400 ppm 以下では凝集は不能であった。しかし 600 ppm 以上においては、急激に凝集沈殿を行なった。

(2) 非イオン性及びアニオン性凝集剤 (共に市販のS社製……粉末) を用いた場合  
共に単独では凝集は不能であった<sup>2)</sup>。

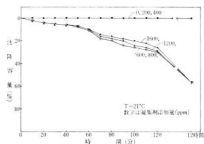


図1 硫酸アルミニウムによる凝集処理

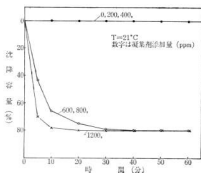


図2 カチオン性凝集剤 (液状) による凝集処理

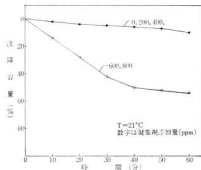


図3 硫酸アルミニウム 600ppm とカチオン凝集剤 (液状) の量を変えて併用した場合の凝集処理

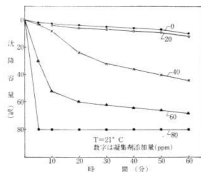


図4 硫酸アルミニウム 600ppm と非イオン凝集剤 (粉末) の量を変えて併用した場合の凝集処理

表3 化学組成(%)と耐火度(°C)

試料 No.	耐火度 (°C)	Ig. loss (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO (%)	CaO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)
1	1240 (S K7)	2.2	64.8	0.5	18.2	0.4	tr	10.3	3.4
2	1240 (S K7)	2.6	64.8	0.6	18.4	0.6	※	9.5	3.3
3	1240 (S K7)	3.8	63.7	0.5	18.4	0.4	※	10.1	2.8
4	1250 (S K8)	2.8	64.6	0.6	18.4	0.2	※	10.1	3.2
5	1250 (S K8)	3.0	64.8	0.6	18.3	0.2	※	9.8	2.9
6	1250 (S K8)	3.1	68.9	0.6	15.4	0.3	※	8.4	3.1

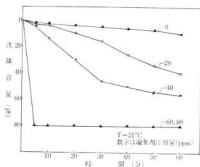


図5 硫酸アルミニウム 600ppm とアニオン凝集剤(粉末)の量を変えて併用した場合の凝集処理

## 3.1.3. 硫酸アルミニウム 600 ppm と高分子凝集剤の量を変えて併用した場合

## (1) カチオン性凝集剤を用いた場合

図3に示す様に 400 ppm 以下において、硫酸アルミニウム単独の場合と同様に凝集に沈降した。600 ppm 以上の使用の場合、凝集は良好であるが、カチオン単独の場合に比較する時、凝集速度が劣ることが伺える。

## (2) 非イオン性凝集剤を使用した場合

図4に示す様に非常に良好な凝集をする。しかし凝集剤が良く混わらず、局部的に凝集剤を多く含んだ固まりが散乱した。

## (3) アニオン性凝集剤を使用した場合

図5に示す様に凝集が良好である。しかしこの場合も凝集剤が良く混和せず、局部的に散乱した。

## 3.2. スラッジ活用実験

## 3.2.1. 化学成分ならびにゼーゲル雑滑倒温度

結果を表3に示す。余り差は見られない。

## 3.2.2. 示差熱分析ならびに熱天秤試験

スラッジと一般長石(金丸長石)の差は余り見られなかった。

## 3.2.3. 結合剤の溶解状態(ポタンアスト)

結果を表4に示す。表より硫酸アルミニウムを凝集剤に使用したスラッジの焼成状況がやや良好である様に思われる。高分子凝集剤使用の各スラッジはかなりの着色があり、赤気泡の発生もあるので、陶磁器の素地および釉薬としての使用は好ましくないとと思われる。

表4 試料の溶解状態

試料 No.	着色度	気泡発生
1	少量	無
2	少量	無
3	多量	少量
4	多量	少量
5	多量	多量
6	無	無

## 3.2.4. 試験体の成型と焼成

凝集剤を含有した長石スラッジを結合剤とした試験体は、一般(福島)長石を結合剤とした砥石試験体と比較して焼成後の色合い等、外観において変化は見られなかった。

## 3.2.5. 砥石の曲げ強さ、結合度試験

曲げ強さ、結合度試験とも各スラッジならびに福島長石を結合剤とした試験体にて夫々実験を行なったが、そ

表5 砥石試験体の曲げ強さ(kg/cm<sup>2</sup>)と結合度(ピットくい込み深さmm)

項目	試料No.					
	1	2	3	4	5	6
曲げ強さ	253	250	212	237	250	234
結合度	0.62	0.70	0.67	0.58	0.59	0.64



の結果を表5に示す。表より曲げ強さ、結合度試験とも両者にあまり差は認められない。この結果より各試料ともヴイトリファイド砥石の結合剤としては、使用出来るものと考えられる。

#### 4. 結 言

以上の凝集ならびにスラッジの活用実験の結果より得た知見を総括すると、

(1) 無機凝集剤（硫酸アルミニウム）のみの使用でも、時間をかければ、成る程度の凝集は可能である。

(2) 長石粉分級課程において排出される懸濁物の殆んどが陰性荷電体であるため、陽性電荷をもつカチオン性高分子凝集剤のみを使用した凝集効果が秀れている<sup>3)</sup>。尚、最適添加量は、600 ppm 前後であった。

(3) 硫酸アルミニウムと非イオン性及びアニオン性高分子凝集剤の併用は、凝集効果は非常に大であったが、局部的に凝集剤を多く含んだ固まりが出来る欠点があった。

(4) 排出される懸濁物が非常に高濃度であるため、各

凝集剤とも大量が必要で、経費が高額につくこと。しかしこの凝集処理により、水質汚濁は、完全に防げることが理解された。

(5) 長石粉分級課程において排出される微細スラッジならびにその凝集剤含有スラッジは、一般長石に比較して、性状試験において大差は認められなかった。

(6) ボタンテストにおいて、凝集剤含有スラッジは、一般長石に比較して劣ることが伺え、陶磁器の素地および釉薬としての使用は好ましくない様である。しかし、他の焼成後の性状においては遜色なく、ヴイトリファイド砥石結合剤としては、他長石粉と混合使用は無論のこと、単独でも活用できるものと考えられる。

(7) 沈殿スラッジが非常に微細なため、実地に行う場合、上澄液との分離法が、課題となると思われる。

#### 文 献

- 1) 熊谷：機械と工具，2 (1968)，38
- 2) 野田：凝集沈殿，工学図書 (1966)，33
- 3) 野田：凝集沈殿，工学図書 (1966)，30

# 産業廃棄物の活用研究 (第2報)

## 砕石ヘドロの活用実験について

金 本 正

### 1. 緒 言

昨今、コンクリート骨材資源、とくに細骨材としての川砂は乱掘による河床の低下、護岸、橋脚の破壊等の公害を発生し、今後の採取は期待できないほど枯渇化し、供給源は海砂に変わりつつある。同時に粗骨材としての砕石、山砂利の需要は増大し、砕石場の規模もその生産量と併行して大型化されてきた。それに伴ない砕石を水洗する時、排出されるヘドロの河川への放流による汚濁が各地で公害として問題化してきた。防止策として沈澱槽を設置した事業場においても、沈積したヘドロの処理に苦慮しているのが現状である。

そのヘドロの活用を目的とし、(1)軽量骨材への活用

(2)セメント混和材への活用実験を行なった。

### 2. 試料と実験方法

#### 2.1. 試 料

呉市内K工業砕石場の沈澱槽から採取したヘドロを試料とした。砕石母岩は花崗岩質岩で砕石としては硬石に属し良質である。沈積槽は二槽からなり一槽目でオーバフローした泥水を二槽目で沈積させている。乾燥したヘドロは粘土質にみられる粘性はなく岩粉の洗い粉束の感じで、色調はポルトランドセメントのそれに類似している。化学分析およびX線回折で試験した結果を表1、図1に示す。

表1 ヘドロの化学分析値(%)

成分 記号	Ig. loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	耐火度
ヘドロA	3.89	59.25	18.80	8.23	3.68	1.39	2.83	2.27	SK7
ヘドロB	3.61	62.69	16.63	6.23	3.84	1.18	2.86	2.42	SK7*

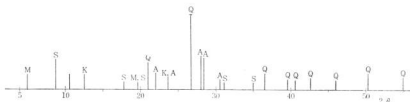


図1 ヘドロのX線回折図

#### 2.2. 軽量骨材としての実験

現場で採取したヘドロは水分量50%で、これを乾燥し試料とした。篩別は20メッシュ通過のものをを用いた。配合は表2に示す。表2で配合の各試料を水分を添加しながら混練し、粒径15mmの球状に選粒し乾燥させた。焼成はエレマ電気炉を用い、昇温、各温度(1050°C、

表2 軽量骨材の配合(%)

番号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
ヘドロ	100	100	100	100
鋸屑	—	3	5	10

1100°C、1150°C)に保持し、耐火物(サヤ)に入れた試料を所定の時間(4分、5分、7分)炉内に挿入、焼成したのも炉外にとり出し放冷した。図2に炭比重、図3に気孔率を示す。

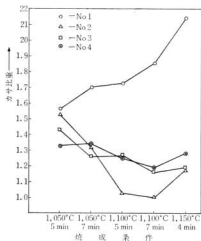


図2 焼成条件による炭比重の関係

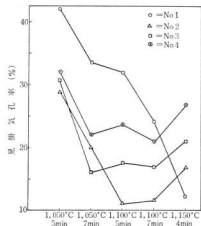


図3 焼成条件による気孔率の関係

### 2.3. セメント選和剤としての実験

JIS R 5201「セメントの物理試験方法」の強さ試験の項により圧縮強度および曲げ強度の試験を行った。へ

ドロの添加量はセメント量に対し、5%、10%、15%の量を細骨材と置き換え、無添加のものを標準とした。表3に配合を示す。供試体は断面40mm平方、長さ160mmの角柱形で表3で配合の各試料を混練、金型枠に充填、

表3 ヘドロの添加配合(%)

材料	記号	S	5	10	15
セメント		520	520	520	520
標準砂		1040	1014	988	962
ヘドロ		—	26	52	78
水		338	338	338	338
フロー値(mm)		220	220	215	210

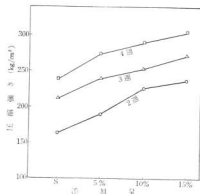


図4 添加量と圧縮強度の関係

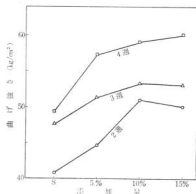


図5 ヘドロ添加量と曲げ強度の関係

フロー値によって決められた所定のつきかためを行なった。24時間の脱型し、水中養生（恒温槽水温 $20^{\circ}\text{C}$ ）期間をそれぞれ2週、3週、4週とし所定の期間経過後、水中よりとり出し、これら試料について曲げ試験および圧縮試験を行なった。曲げ試験はミハエリス抗折試験機、圧縮試験はアムスラー万能試験機を使用した。図4に圧縮強度、図5に曲げ強度を示す。

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 試料

X線回折の結果、組成鉱物は石英、長石（曹長石）で少量の粘土鉱物（セリサイト、カオリン、モンモリロナイト）を含む。化学分析から  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  が多量に含まれていることが判明した。

#### 3.2. 軽量骨材試験

嵩比重気孔率試験の結果から No. 1 のヘドロ単味ではどの温度でも発泡現象はみられず、むしろ焼結のようすを示している。このことから原料中の酸化鉄（8%～6%と以外に多量）のみでは発泡の要因とはならず、鋸屑（炭素）を添加することにより  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の炭素還元により炭酸ガスが発生し、発泡現象をおこすものとされている。鋸屑の添加量は添加量の多い No. 4 より少ない No. 2 の方が生じた気孔が微小で、かつ均一に分散されており、嵩比重も少である。このことから素地としての鋸屑、ヘドロ混合物をヘドロで包みこんだ状態のものが良好のように思われる。焼成条件としては焼成温度 $1100^{\circ}\text{C}$ 、焼成時間5～7分が最も安定しており、球面はガラス化され層から吸水性は皆無である。

けだし焼成体に密閉気孔を生じ軽量化させる要因は、粒表面のガラス化初期において内部で前記の酸化還元反応がおこり、これにより発生したガスが素地の適度の粘性により気外に逸出することなく、素地内部に気孔を生じ、このときの応力により膨張、軽量化がおこる。

以上のことから素地の原料は熔融温度が比較的低く、焼成範囲の広いことが望まれる。この点、当試験に供した砕石ヘドロはこの条件に合致しており、軽量骨材として十分活用し得るものである。

#### 3.3. セメント混和材の結果

圧縮、曲げ試験の結果、養生期間、添加量が増加するにしたがい、圧縮強度曲げ強度ともに増進している。なお曲げ強度においても2週養生の試料が15%添加で少し低下しているが、試料調整のバツキに起因するものと思われる。いずれにせよ添加量は15%が限度と思われる。一般にコンクリート骨材には JIS A 1103 「骨材の洗い試験方法」により  $0.088\text{mm}$  以下の微粒量を制限している。微粒分にはコンクリートに有害とされる粘土分が含まれているからである。粘土分が多くなると一定軟度にするために混練水量が増し強度は低下し、また骨材表面に粘土が付着しセメントペーストの付着を妨害するとされている。土木学会では JIS A 1103 の「洗い試験」により失なわれる  $0.088\text{mm}$  以下の微粒粉を使用条件により3～5%としているが、砕石の場合微粒粉が岩粉である場合5～7%と基準を緩和している。

高野らはコンクリート用骨材の研究のなかで砕石岩粉の添加はコンクリート強度に効果があると報告している。このヘドロの場合、洗い試験の結果  $0.088\text{mm}$  以下が88%と微粒が多量であるが岩粉であることから少量添加することにより強度、ワーカビリティも増加し、添加したヘドロの色調がポルトランドセメントと同色であることから、いわゆるセメント色が良くなる効果もあった。

### 4. 結 言

#### (1) 軽量骨材として

化学分析の結果、酸化鉄の含有率が8%と多量であるがヘドロ単味の焼成では発泡現象はみられず、鋸屑（炭素）を少量添加することにより発泡がおきた。焼成温度は $1100^{\circ}\text{C}$ が適当で、焼成時間は5～7分が最適である。

#### (2) セメント混和剤として

ヘドロをセメント量に対し5%、10%、15%と細骨材の中に置き換えたが、15%添加することにより、圧縮強度、曲げ強度ともに増進した。混練時のワーカビリティも良くなり組織の緻密化も認められ防水性にも効果があった。ヘドロの使用量、使用場所を十分吟味すれば活用できるものと考えられる。

# 機械構造用鋼の仕上面あらさが 機械的性質におよぼす影響

兼広 二郎, 新田 明, 岡崎 照, 小林 賢治

## 1. 緒 言

鋼材の引張試験において、機械的性質は同一材質、同一処理のものでも形状、寸法によりある程度変化する<sup>1)</sup>。JIS Z2201では、金属材料引張試験片の平行部の呼び寸法に対する許容差を規定しているが、平行部の仕上面あらさについては指示はしていない。

機械部品に使用される鋼材の引張試験片は一般に JIS Z2201、4号試験片が使用されているが、この場合同一材質、同一熱処理のものであっても、平行部の仕上面あらさが異なると切欠による応力集中、加工法の相違による表面組織変化などの影響により試験結果に変化が生じるのではないと思われる。

そこで、引張試験片の平行部の仕上面あらさをかえた場合、引張試験結果にどのような変化があらわれるかを調べ、工業的試験における引張試験片を製作する場合、旋盤で荒削りしただけで引張試験片がこたたりのか、変化があるとすればその影響をなくするためにはどの程度まで仕上げれば良いかについて検討してみた。

## 2. 試料と実験方法

### 2.1 試験片

引張試験片は JIS Z2201 (金属材料引張試験片) を用いた。試験材として一般に機械部品として調質して使用される S50C を使用した。試験片の製作は直径19φの素材を用い、A: 素材のまま、B: 焼ナマシ (870°C 焼冷)、C: 調質 (870°C 水冷後600°C 急冷) の熱処理を行なった後旋削により平行部の仕上面あらさを変えるため、送りを変え切込んだ。仕上面あらさはつぎのとおりである。  
( $\overline{vv}$ : 6 S 付近), ( $\overline{vv}$ : 20 S 付近), ( $\overline{v_1}$ : 50 S 付近)  
( $\overline{a_2}$ : 90 S 付近), ( $\overline{v_3}$ : 130 S 付近)

また、試験材の化学成分を表1に示す。

表1 化 学 成 分 (%)

C	Si	Mn	P	S
0.50	0.27	0.69	0.013	0.020

### 2.2 実験方法

引張試験機はリー型 50t 万能試験機 (島津製) を使用し、引張速度は平均応力増加率を 1 kg/mm<sup>2</sup>/sec を標準とした。伸びは破断位置が B の場合、JIS Z2241 (金属材料引張試験方法) により推定した。

平行部の仕上面あらさは万能表面形状測定機サーフコム 3B (東京精密製) で左標点部、中央部、右標点部、3ヶ所を記録した。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 実験結果

引張強さとあらさとの関係を図1に示す。

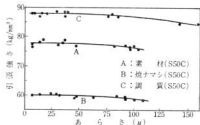


図1 引張強さとあらさ

この結果では多少の変動はあるが素材、焼ナマシ、調質ともあらさが荒くなれば引張強さが減少している。伸びとあらさとの関係を図2に示す。

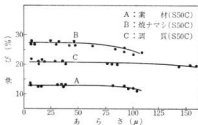


図2 伸びとあらさ

引張強さと同じく伸びもあらさが荒くなれば減少してくる。

絞りとあらさとの関係について図3に示す。

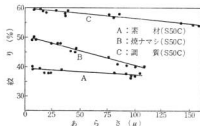


図3 絞り と あら さ

これもまたあらさが荒くなれば絞りも減少してくる。とくに焼ナマシが著しい。引張試験前の仕上面あらさと試験後の絞られた状態のあらさでは焼ナマシしたものが変化が大きかった。

### 3.2 考 察

パイロの形状を一定にし、送りと切込みをかせ仕上面あらさを変化させているからねじと仮定して引張強さとあらさとの関係をとってみた。それが図4である。

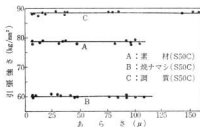


図4 引張強さとあらさ(仕上面あらさをねじと仮定)

この結果によると調質、焼ナマシ、および素材ともあらさが荒くなくても引張強さに多少のバラツキはあるがほぼ一定となっている。このことは平行部のあらさが荒いと試験片の有効断面積が減少したことが主な原因と考えられる。図1であらさが荒くなると引張強さが低下したのも同じ理由であろう。

調質材について引張強さとあらさとの関係がどの程度であるかをみるため相関係数を求めた。その結果を表2に示す。ここであらさ測定部の左標点部、中央部、右標点部、3ヶ所におけ、それぞれ最大高さ( $R_{max}$ )、十点平均あらさ( $R_z$ )を求めた。

- 1: 全体の最大  $R_{max}$
- 2: 全体の最大  $R_z$
- 3: 平均  $R_{max}$
- 4: 平均  $R_z$
- 5: 全体の中間点  $R_{max}$
- 6: 全体の中間点  $R_z$
- 7: 切断部  $R_{max}$
- 8: 切断部  $R_z$

表2 引張強さとあらさの相関係数

Na.	1	2	3	4	5	6	7	8
r	0.88	0.91	0.88	0.84	0.89	0.92	0.88	0.91

備考 r: 相関係数

表2によると相関係数はあまり違いがないので便宜的に中間点  $R_z$  が大きいので以後中間点  $R_z$  をあらさの解析に使用することに決めた。

試験片の熱処理条件およびあらさが引張強さにおよぼす影響を直交配列法<sup>2)</sup>を用いて統計的に検討した。

その結果は表3に示す通りであり、熱処理条件、あらさと共に危険率6%の検定で有意となったが熱処理条件とあらさの交互作用は有意とならなかった。

また寄与率はあらさ間で0.167%熱処理条件間で99.666%であり、この範囲の実験では熱処理条件の影響が非常に大きいことは他の文献<sup>2), 4)</sup>などからも明らかにされている事実である。参考のため前述の条件下で測定した伸び、絞りについても解析を行なった。その結果が表4、表5であり、引張強さとほぼ同様の結果となった。絞り

表3 引張強さにおよぼす熱処理とあらさの分散分析表

要因	SS	df	ms	F	$\rho\%$
A	610	2	305	11.01*	0.167
B	363402	2	181701	6559.6*	99.666
A × B	109	4	27.2	1	0.030
AB	364121	8			
e	499	18	27.7		0.137
T	364620	26			
—					100.00

A: あらさ B: 熱処理条件

表4 伸びにおよぼす熱処理とあらさの分散分析表

要因	SS	df	ms	F	$\rho\%$
A	427.9	2	213.95	14.82*	1.96
B	21650.3	2	10825.15	728.89*	96.57
A × B	59.7	4	14.93	1.03	0.27
AB	21537.9	8			
e	206.0	18	14.44		1.19
T	21797.9	26			
—					100.00

A: あらさ B: 熱処理条件

表5 絞りにおよぼす熱処理とあらさの分散分析表

要因	SS	df	ms	F	$\rho\%$
A	10037.6	2	5018.8	78.29*	5.05
B	182073.9	2	91037.0	1420.23*	91.59
A×B	5521.5	4	1380.4	21.54*	2.78
AB	197633	8			
e	1153.3	18	64.1		0.581
T	188786.3	25			
—					100.00

A: あらさ B: 熱処理条件

においては熱処理条件とあらさの交互作用が有意となっていた。

以上の事柄からあらさが引張試験（引張強さ、伸び、絞り）結果におよぼす影響が無視できないことが知られたので、各熱処理条件別にあらさを4～5水準取り再び分散分析を行ない要因の効果の推定を行なった結果を図示したのが図5である。

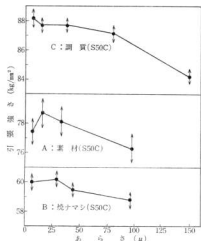


図5 熱処理条件とあらさの関係

## 4. 結 言

S50Cを用い調質、焼ナマシ、素材のままの状態で行部部のあらさを変えて引張試験した結果をまとめるとつぎのとおりである。

今回の実験で分散分析の結果、仕上面あらさの影響は小さい。この場合引張強さにおよぼす影響は最も小さい。しかし無視はできない。

仕上面あらさが荒いほど引張強さが低下している。また、伸び、絞りについても同様な傾向を示す。とくに絞りにおいては焼ナマシは低下が著しい。

今回の実験範囲では、旋削で引張試験片を加工する場合、仕上面あらさは $\mu$ 以上の精度に仕上げると、引張試験による機械的性質の変化が少ないが、 $\mu$ 以下の精度の仕上げでは、試験結果にかなり影響があるものと思われる。

$\mu$ 以下の荒削りの場合でも引張強さについては、近似的にねじの有効断面積<sup>9)</sup>をもちいて計算すると、あらさの相違による引張強さの変化はほぼみとめられない。

熱処理の有無が、試験結果におよぼす影響は無視できない。

おわりに望み本実験に御協力を頂いた福山総合高等職業訓練校の藤沢先生に深く感謝します。

## 文 献

- 1) 山田良之助: 材料試験法, 内田老鶴圃, (1961), 56
- 2) 吉川英夫: 品質管理便覧, 財団法人日本規格協会, 181
- 3) 浅田千秋, 保田正文, 渡辺敏幸: 特殊鋼便覧, 理工学社, 2-3
- 4) 池田義孝: 鋼の熱処理, 丸善株式会社, 41
- 5) 吉本 勇: ねじおよび部品, 機械設計の標準化講習会, (1970), 85

# 大気汚染・悪臭防除技術の研究 (第2報)

## ゼオライトによる各種有害ガスの吸脱着に関する研究 (その2)

好満 芳邦, 山泉 康男, 永富 精

### 1. 緒言

有害ガスおよび悪臭成分の処理に関する技術相談は、近時、益々増大し、現場においても広島県内各企業から数多くの指導依頼が持ちこまれている。その主なものをあげれば、ゴム製品製造業、樹脂製品製造業、金属製品製造業、砥石製品製造業並びに砥粒再生業等である。

更に前記各施設から排出される有害ガスおよび悪臭成分は主にアンモニアガス、メルカプタン類、硫化水素、フェノール、ホルムアルデヒド、溶剤蒸気、塩化水素、酸化窒素並びにフッ化水素等である。

一方、筆者らがこれら有害成分除去の目的で取りあげたゼオライト-Sの吸着性能については第1報<sup>1)</sup>で述べたとおりであるが、いずれも高濃度のガスを対象とした実験であり、低濃度域における吸着性能には疑問を抱かざるを得ないところがある。従って、極力実際的な実験を行なうよう留意しつつ、吸着筒の試作等を行ない、各種実験を行なった結果、若干の知見を得たので報告する。

### 2. 試料と実験方法

#### 2.1 試料

実験に使用した試料は秋田県山本郡二ツ井町切石産出の二ツ井ゼオライト(商品名、ゼオライト-S)を600°C×1h 熱処理したものをを用いた。

#### 2.2 実験方法

##### 2.2.1 吸着に関する実験

##### 2.2.1.(1) 吸着層の長さ変化による吸着量の変動に関する検討

吸着理論によれば、吸着層内において吸着の濃度分布が生じており<sup>2)</sup>、従って、吸着筒設計における適正な層長決定が不可欠の問題と考えられる。筆者らはこうした現象を明らかにする目的で、写真1に示す装置を用いて、下記条件で破過吸着量の測定を行なった<sup>3)4)</sup>。

対象ガス 酢酸蒸気-空気混合ガス、0.5%濃度



写真1 小型吸着実験装置

吸着管 断面積 1cm<sup>2</sup>、水による冷却ジャケットを取りつけたもの。吸着剤の充填はバイプレーターで均一を期した。

通期ガス速度 0.5 l/min.

##### 2.2.1.(2) 通期ガス速度の吸着に及ぼす影響に関する検討

通期ガス速度(言い換えれば圧力)の変化による破過吸着量の変動並びにゼオライト吸着層断面1cm<sup>2</sup>当りの適正通期ガス速度を知るため、2.2.1.(1)と同様に写真1に示す装置を用いて下記条件で破過吸着量の測定を行なった。

対象ガス 酢酸蒸気-空気混合ガス、0.5%濃度

吸着層 断面積 1cm<sup>2</sup>、長さ 120mm

吸着剤量 10.0g

##### 2.2.1.(3) 低濃度域における各種ガスの吸着量に関する検討。

第1報<sup>1)</sup>において高濃度ガスについて予備的検討を行なったが、低濃度域の吸着については装置面で困難であったので、流量計、充填筒等を購入し、装置を試作し、図1に示す配置でテーブルプラントを作成した。それぞれの具体的形状および容量等は下記に示すとおりである。

吸着筒 内径 210mm、筒長 500mm

高さ 820mm、SUS—27



- 流量計Ⅰ及びⅡ | 0.3~3.0 l/min  
 | 1.0~15.0 l/min  
 混合筒Ⅰ及びⅡ 内径 153 mm, 筒長 282 mm  
 5 mm 厚塩ビ製

ガス発生用フラスコ 1リットル容フラスコ

上記装置を用いて、アンモニア、塩化水素並びにホルムアルデヒドの3種類について、これらの低濃度域における破過吸着量を測定した。

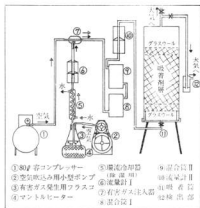


図1 中型吸着実験装置

#### 2.2.1.(4) 溶剤蒸気(シンナー)の吸着に関する検討

広島県内には針葉製業者が多数あるが、その中で玉針製造工程において塗装に使用するシンナーが地域的公害の原因となっている。いづれも小企業であるため、その処理は困難である。また、塩化ビニールコート紙加工業においても、溶剤として使用するシンナーが問題になっている。筆者らはこれらシンナーによる公害防除の目的で、図2に示す装置を作成し、ゼオライトによる除去効率に関する実験を行った。更にシンナーを充分吸着(濃縮)したゼオライトについて、少量の灯油添加による焼却で、再生し再度同様の吸着実験を行なった。本実験に使用した装置の寸法および実験条件は下記に示すとおりである。



図2 有機溶剤吸着実験装置

- 吸着管 内径 32 mm, 管長 450 mm  
 吸着剤量 200 g  
 通気速度 1.0 l/min, 3.0 l/min  
 溶剤蒸気A 酢酸ブチルエステル2-アセトン1混合比のもの、1.0 l/min の場合 3.0 容量%、3.0 l/min の場合 2.4 容量% に調整したもの。

溶剤蒸気B トルエン主体、他に酢酸エチルエステル、アセトン、酢酸ブチルエステル等含有。  
 発生ガス中含有率 4.8 容量%。

測定法 検知管。上記溶剤蒸気のそれぞれについて各種検知管(アセトン、トルエン、酢酸ブチルエステル並びに酢酸エチルエステル検知管)で検出を行い、最も鋭敏に溶剤蒸気を検知するアセトン検知管を用いることにした。(各溶剤蒸気を総合する代表値と仮定して行なった。)

#### 2.2.1.(5) 煙道中排ガスを用いた亜硫酸ガス吸着に関する予備的検討

低濃度域における亜硫酸ガスの吸着を明らかにする目的と、実際的な実験を行なうための予備的検討を目的として、直接、煙道から排ガスの一部を吸引して吸着実験を行なった。実験に用いた装置は図3に示すもので、実験条件については下記に示すとおりである。

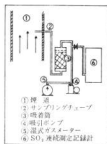


図3 煙道中吸着実験プラン

- 煙道 日新製鋼株式会社 製鉄所、焼結工場ダクト。  
 500~700 ppm SO<sub>2</sub>  
 吸着剤量 4 kg  
 吸引速度 25 l/min at 25°C  
 吸着層流入前排ガス温度 60°C  
 検出部 電気化学型、煙道中亜硫酸ガス連続測定自動記録装置 GS-4型

#### 2.2.2 脱着に関する実験

活性炭等の脱着については種々の方法が実施されて、良好な効果を発揮している<sup>4)</sup>。筆者らはゼオライトの脱着について従来からの方法を種々採用し、効果的な脱着法の予備的検討を試みた。

### 2.2.2.(1) 水並びに酸またはアルカリ水溶液による再生処理

吸着された物質が水に溶ける場合、或いは酸、アルカリと反応する場合、どの程度脱着されるかを知るため、表1に示す方法で実験を行なった。

表1 水並びに酸及びアルカリによる再生処理法

吸着ガス名	処理薬剤	薬剤量	処理条件
アンモニア	純水、5%硫酸	1:2	(室温 $50^{\circ}\text{C}$ $80^{\circ}\text{C}$ ) $\times 30\text{min}$
塩化水素	純水、5%カセイソーダ水溶液	同上	同上

(試料量は 300 g で、それぞれ  $\text{NH}_3$  2.6g,  $\text{HCl}$  3.5g を吸着したものをを用いた。)

### 2.2.2.(2) スチームによる再生処理

現在、一般的に行なわれている再生法である。試料および処理条件を表2に示す。

表2 スチーム処理による再生実験

試料	処理条件
標準状態で 2 l のアンモニアガスを吸着したゼオライト、250 g	蒸気発生量 200 g/h、 温度 $100^{\circ}\text{C}$ 付近
標準状態で 4 l の塩化水素ガスを吸着したゼオライト、250 g	同上

### 2.2.2.(3) $150^{\circ}\text{C}$ 熱風吹き込みによる再生処理

吸着容量の実験終了時、吸着筒ガス入口より  $150^{\circ}\text{C}$  熱風を  $15\text{ l}/\text{min}$  の速度で吹き込み、流出ガスを反応液に吸収させ定量分析(中和滴定)し、再生効率の検討を行なった。(試料 2 kg)

### 2.2.2.(4) 直接加熱による再生処理

第1報<sup>2)</sup>で述べた方法を採用した。但し、試料については、アンモニアおよび塩化水素を破過点まで吸着したゼオライトをそれぞれ 300 g 用いた。また流出ガスは前記 2.2.2.(3)の方法と同様に定量操作を行なって、再生効率を算出した。

### 2.2.3 薬剤処理と構造変化に関する検討

ゼオライトのイオン交換能を取りあげ、 $\text{NaOH}$ 、或いは  $\text{HCl}$  等の処理により、構造および吸着能に変化が生ずるのではないかと考えられるため、手始めとして、X線回折分析にて構造変化を追求した。

#### 2.2.3.(1) 薬剤処理

試料 200 g を 500 cc 容ビーカーにとり、(1:1)塩酸 300 ml を注入して、砂浴上で3時間加熱した。液量減少についてはその都度(1:1)塩酸を加えた。同様に、試料 200 g について10%カセイソーダ 300 ml を注

加したものについても処理し、放冷後、水洗し、シャーレに移した後、 $100\pm 5^{\circ}\text{C}$  で3時間乾燥した。塩酸処理液が黄色に変ったため、溶解物の定性定量分析を行なった。また処理物を用いて、簡単な吸着テストを行なった。

#### 2.2.3.(2) X線回折分析

2.2.3.(1)で得られた試料について、X線回折装置(東芝製 ADG-101型)を用いて分析を行なった。試料はメノウ乳鉢で粉砕して 250メッシュ以下の微粉末として実験した。記録条件は下記のとおりである。

X線出力	CuK $\alpha$ (Niフィルター使用) 管電圧、電流: 35 kV, 12 mA
スリット	$S_1: 1^{\circ}$ , $S_2: 0.2\text{ mm}$ , $S_3: 1^{\circ}$
GM管走査速度	$1^{\circ}(2\theta)/\text{min}$
時定数	1 sec

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 吸着実験結果および考察

#### 3.1.1 吸着層の長さ変化による吸着量の変動

層長の増大に伴う吸着量変化は、図4に示すように一定のピークを示した後、減少している。これは吸着剤層中に吸着の濃度分布が生じるためと考えられる。従って、吸着筒(塔)設計時には、筒断面と同じ筒長の決定の適正を期することが効率を大きく左右すると言える。

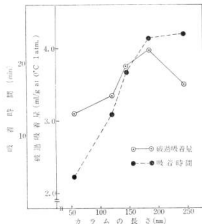


図4 吸着層の長さが吸着量に及ぼす影響

#### 3.1.2 通気ガス速度の吸着に及ぼす影響

通気ガス速度の変化による吸着量の変動については図5に示すように、それが低い程大きな吸着量を示すが、

一定の速度以上では吸着量に大きな差が認められない。  
破過吸着点に到るまでに要する時間も同様な傾向をもつと言える。

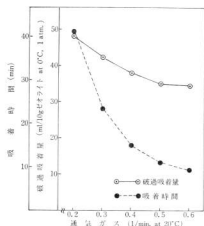


図5 通気ガス濃度の吸着量に及ぼす影響

### 3.1.3 低濃度域における各種ガスの吸着量

低濃度域における吸着量は図6に示すように塩化水素ガスを除いて、ガス濃度にはほぼ比例的に増加している。塩化水素ガスについてはゼオライトとの反応として考えられるので、後述する脱着の項で説明する。

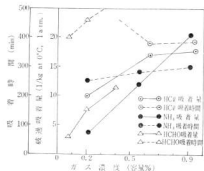


図6 低濃度域における各種ガスの吸着

### 3.1.4 溶剤蒸気の吸着

溶剤蒸気については破過吸着量が低いため、図7、および表3に示すように除去効率が低かった。溶剤Aについては若干の効果が認められたが、溶剤Bについては低除去率を示した。これはトルエン蒸気が吸着されな

めと考えられる。

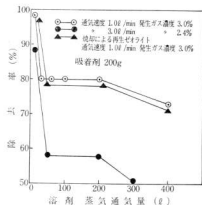


図7 溶剤(シンナー)Aの除去効率

表3 溶剤Bの除去効率

時間 (min)	10	15	40	100
除去効率 (%)	38	38	38	30

### 3.1.5 排気ガス中の亜硫酸ガスの吸着

今回は、予備実験として、低濃度、低温度における排気ガス吸着を行なった。結果は表4に示すように、幾分の効果が認められる。

表4 排気ガス中の亜硫酸ガスの吸着

吸着前濃度 (PPM)	600				
	時間 (h)	2	6	7	10
吸着	処理ガス量 (m <sup>3</sup> )	3.2	9.6	11.2	15.7
	処理ガス中 SO <sub>2</sub> 濃度 (PPM)	10以下	10以下	30	100
	吸着率 (%)	98以上	98以上	95	83
	吸着量 (ℓ/kg)	0.5	1.5	1.7	2.3

## 3.2 脱着に関する検討

### 3.2.1 水並びに酸またはアルカリ水溶液等による脱着

薬剤による脱着は水を除いて良好といえる。表5に示すように、水を使用する場合には、温度条件(スチームは別である。)に関係なく、多量の水で、長時間水洗しなければならぬ。吸着物質と化学反応を伴う薬剤の使用が効果的である。

表5 薬剤による脱着

処理条件	NH <sub>3</sub> 脱着量 (ml)	処理条件	HCl脱着量 (μm)
水, 室温	600	水, 室温	360
水, 50°C	440	水, 50°C	400
水, 80°C	600	水, 80°C	520
硫酸, 室温	1,500	カセイソーダ, 室温	3,000
硫酸, 50°C	1,600	カセイソーダ, 50°C	3,100
硫酸, 80°C	1,600	カセイソーダ, 80°C	3,200

## 3.2.2 スチームによる再生処理

スチームによる脱着は、図8に示すようにかなりの効果が期待できる。塩化水素については脱着液を1N-NaOH溶液に注加した時水酸化物が生成した。定性の結果、鉄分であった。従って、塩化水素ガスと鉄の化合物が脱離すると考えられ、脱着が直線的に生ずると説明できる。

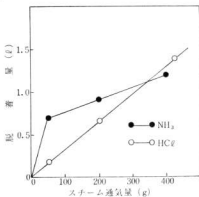


図8 スチームによる再生処理

## 3.2.3 150°C熱風吹込みによる再生処理

脱着筒内部の熱伝導が悪いため、図9に示すように効果は認められなかった。NH<sub>3</sub>, HCl共に吸着時のガス濃度(0.6, 0.55容量%)より低濃度の脱着ガスを排出しており、NH<sub>3</sub>については筒内が熱くなった3m<sup>3</sup>吹込後脱着量増大の傾向が認められる。HClについては脱着がほとんど認められなかったが、これは前記3.2.2で述べたように吸着機構の違いによるものと考えられる。

## 3.2.4 直接加熱による再生処理

図10に示すとおり、NH<sub>3</sub>については良好な結果を認めた。HClについては3.2.3で述べた理由によると思われる現象が認められる。

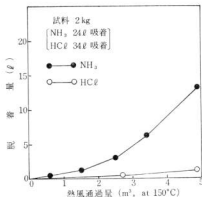


図9 熱風吹込みによる脱着

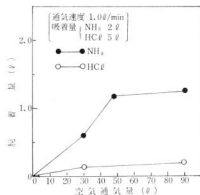


図10 直接加熱による脱着

## 3.3 薬剤処理と構造変化に関する検討

## 3.3.1 薬剤処理と吸着

アルカリ並びに酸で処理したものにアンモニアガスを吸着させた結果(破過吸着時間)は表6に示すように未処理試料より劣ったが、ガスの種類にもよると考えられるので断言はできない。アルカリ処理試料においてはNH<sub>3</sub>ガス吸着能が、処理前に比し、約半と低下してい

表6 薬剤処理物のアンモニアガス吸着(破過吸着)

試料	対象ガス	ガス濃度	通気速度	吸着時間
未処理(172g)	NH <sub>3</sub>	5%	1.0ℓ/M	65分30秒
アルカリ処理(172g)	NH <sub>3</sub>	5%	1.0ℓ/M	8分20秒
酸処理(172g)	NH <sub>3</sub>	5%	1.0ℓ/M	50分10秒

るのが注目される。なお、塩酸処理液中の金属成分は Fe, Ca 等で、Fe の定量値は 0.7 mg/g であった。

### 3.3.2 X線回折分析

未処理、酸、並びにアルカリ処理によって得られた3種試料についてのX線回折線図は図11に示すとおりで、3者間に何ら差異が認められない。

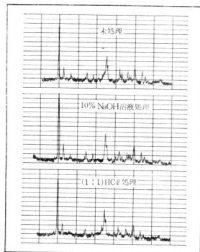


図11 X線回折線図

## 4. 結 言

(1) 吸着層中に被吸着質の濃度分布が生じるため、ある層長までは吸着量が増大してゆくが、それ以上いくら長くしても効率が下がる傾向にある。(吸着塔設計において、塔長の選択が重要な要因であることを意味する。)

(2) 吸着層に対するガス流入速度が低いところでは、速度の増大に伴い直線的に吸着量減少を示し、それ以上の速度域においては吸着量変動がわずかしくない。また

破過吸着時間についても同様の傾向である。

(3) 低濃度域におけるゼオライトの吸着性はガス濃度にほぼ比例して増大する。強酸性のガス等では不純物(鉄等)と反応し、ガス濃度による影響を受けなかった。また、煙道中排ガスにおける  $\text{SO}_2$  除去については、予備的段階で幾分の効果を認めた。従って、実際面における使用の際、ガス濃度の高い工程で処理を行えば、かなりの効果を期待出来る。

(4) 有機蒸気の中で芳香族系のものについては吸着しないが、鎖状化合物については若干の吸着を示し、例えば 80% 除去率程度の目標であれば、比較的良好である。また、再生においては、少量の燃料添加による焼却が簡単で良い。さらに再生したものが同程度の吸着能を示すため、吸着—再生—吸着といった方式のサイクルが設定可能である。(経済的である。)

(5) 脱着については直接加熱、スチーム吹き込み、並びに薬剤処理がいずれも良好であった。(活性炭等となら変わらない。)

(6) 酸およびアルカリ等の薬剤による処理において、ゼオライト-Sの構造(X線回折による判断)に変化を生じなかった。また、いずれの場合もアンモニアガスに対する吸着能は減少したが、特に、アルカリ処理で得られた試料については未処理試料に比し与えらるる減少した。

なお、本報告の終りにあたって、この研究にご協力戴いた、日新製鋼株式会社、技術部熱管理課、佐藤課長はじめ課員の方々から謝意を表します。

## 文 献

- 1), 4), 5), 7) 好満永富: 本報告, 11 (1971), 140
- 2), 3) 松田, 菊島, 鎌司: 溶剤ハンドブック, 産業図書社 (1963), 275
- 6) 菱沼, 紙野, 前田, 田中: 別冊化学工業, 15, 3 (1970) 工場操作シリーズ 7 吸着, 291

# 鋼材の被削性に関する研究

(快削性添加物の被削性への影響)

正 岡 忠, 片 岡 豊, 松 垣 和 生  
吉 池 啓 佑, 山 崎 隆 志, 南 良 良 治  
脇 一 雄

## 1. 緒 言

鋼材にS(硫黄), Pb(鉛), Se(セレン)などの特殊元素を添加し、組織的、成分的に快削性能を具備させて、いわゆる被削性の向上をはかることは従来より種々行なわれている。快削鋼とはこれら材種の総称である。近年金属材料の機械加工においては数値制御工作機械の

顕著な発達や、自動化、省力化がますます重要視せられ、加えて加工精度向上の要も一層増大の傾向にある。快削鋼は鋼材の機械加工における自動化、精密加工に著しく寄与し、その優れた被削性は加工時間の短縮、工具寿命の延長などに効果を示している。

最近新しい快削鋼としてCa(カルシウム)脱酸鋼が目ざされ、すでにこれに関する多くの研究報告<sup>1)2)3)</sup>が

表1 被削材の化学成分(%)

分類No.	供試材	試料No.	化 学 成 分									
			C	Si	Mn	P	S	Al	Ca	Pb	Se	Te
1	S 5 5 C 相当材 (基本材)	1-1	0.52	0.27	0.80	0.015	0.024	0.007	—	—	—	—
		1-2	0.57	0.28	0.83	0.014	0.025	0.008	—	—	—	—
2	S 添加鋼	2-1	0.52	0.27	0.65	0.014	0.134	0.005	—	—	—	—
		2-2	0.55	0.27	0.70	0.015	0.140	0.005	—	—	—	—
3	S-Ca 添加鋼	3-1	0.56	0.31	0.67	0.014	0.123	0.004	0.011	—	—	—
		3-2	0.58	0.30	0.81	0.014	0.161	0.008	0.010	—	—	—
4	Pb 添加鋼	4-1	0.51	0.29	0.70	0.024	0.025	0.007	—	0.100	—	—
		4-2	0.56	0.28	0.72	0.014	0.025	0.005	—	0.100	—	—
5	Te 添加鋼	5-1	0.58	0.30	0.70	0.015	0.024	0.005	—	—	—	0.165
		5-2	0.51	0.28	0.72	0.016	0.023	0.005	—	—	—	0.100
		5-3	0.57	0.29	0.70	0.017	0.025	0.006	—	—	—	0.147
6	Se-Te 添加鋼	6-1	0.51	0.28	0.65	0.014	0.034	0.004	—	—	0.22	0.027

表2 被削材の清浄度(介在物の種類はJIS G0555による)

分類No.	1		2		3		4		5			6	
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	5-3	6-1	
介在物の種類	A <sub>1</sub>	0.208	0.167	0.634	1.708	0.634	0.992	0.229	0.225	0.363	0.272	1.237	0.720
	A <sub>2</sub>	0.008	0.004	0.004	0.008	0.004	0.004	0.004	—	0.008	0.004	0.004	0.004
	B	—	—	—	0.004	—	—	0.004	—	0.004	0.004	—	—
	C	0.025	0.017	0.042	0.038	0.046	0.067	0.063	0.079	0.021	0.054	0.079	0.058
計	0.241	0.188	0.680	0.758	0.684	1.063	0.300	0.308	0.388	0.358	1.320	0.782	

表3 被削材の機械的性質  
(JIS 10号試験片)

分類 No.	試料 No.	引張り強 kg/mm <sup>2</sup>		伸 び %		絞 り %		硬 度 Hv
		L	C	L	C	L	C	
1	1-1	71.972	0.26	2.23	0.28	5.25	7	202
	1-2	75.672	7.22	6.22	4.22	9.18	9	202
2	2-1	63.268	1.24	3.21	0.24	9.20	8	176
	2-2	71.672	4.24	9.23	0.18	9.18	1	198
3	3-1	70.673	1.23	0.20	0.21	2.19	3	200
	3-2	74.675	4.22	3.19	8.19	3.17	0	203
4	4-1	71.970	0.25	2.22	2.26	8.5	6.2	196
	4-2	73.472	9.24	8.21	5.25	1.24	2	203
5	5-1	74.575	3.22	3.19	8.21	6.18	0	212
	5-2	65.167	5.24	1.22	6.25	0.22	5	196
	5-3	64.766	4.23	2.20	5.19	7.17	1	185
6	6-1	67.971	6.23	0.21	0.21	0.18	4	179

注 L: 鍛錬軸に平行 C: 鍛錬軸に垂直

発表されているが、今後快削鋼の需要はますます増加し、材料の特性を失なわない高品種の快削鋼の開発、出

現が期待される。

また併せてそれらに対する被削性の究明と、切削条件の設定も重要となることは言をまたない。

このたび日新製鋼株式会社研究所のご厚意により各種快削添加物を加えた鋼材試料の提供を受けたので、工具寿命、切削抵抗、切削温度、せん断角、切削形状、仕上面あらさについて切削実験を行ない、添加物による鋼材の被削性に及ぼす影響を比較検討したのでその結果を報告する。

## 2. 試 料

供試材は実験用 30kg 高周波溶解炉で大気溶製した機械構造用炭素鋼 S55C 相当材を基本とし、快削添加物として S、S-Ca、Ph、Te、Se-Te を加えたものである。

これらの鋼材を鍛造比約 4s、厚さ 25mm、180mm×180mm の板材とし、標準処理は 830°C、保持時間 30 分後空冷したものである。

この鍛造材の外周を旋削し、端面を研削仕上のうえ、直径 160mm、厚さ 20mm として数枚重ね合せ、中央に軸 (40mmφ) を貫通して締めつけ、総切削長さ 150mm 程度の丸棒状材とした。

表1、表2、表3に供試材の化学成分、機械的性質、清浄度(日新製鋼・株・具研究所による)を、写真1～写真7に各供試材の金属組織、介在物を示す。

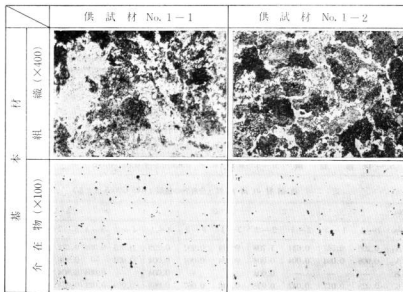


写真1 供試材の組織と介在物

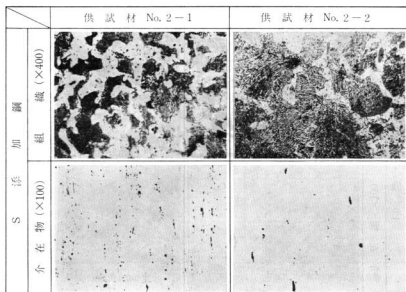


写真2 供試材の組織と介在物

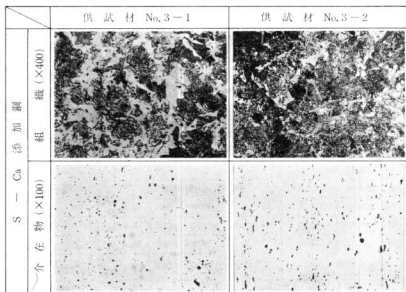


写真3 供試材の組織と介在物



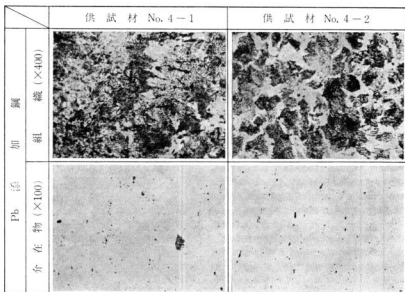


写真4 供試材の組織と介在物

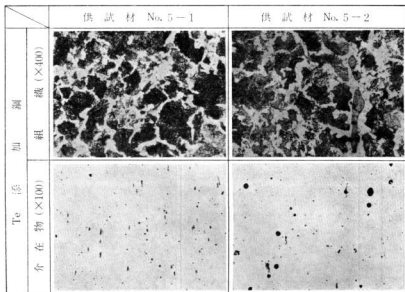


写真5 供試材の組織と介在物

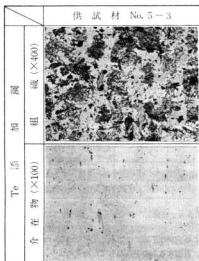


写真6 供試材の組織と介在物

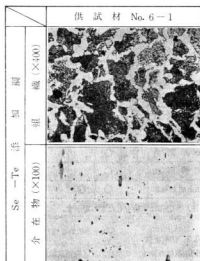


写真7 供試材の組織と介在物

### 3. 実験方法

使用工作機械は池貝鉄工機 DA-25 高速精密装置（心間距離 1000mm, ベッド上の振り 520mm, 主電動機 11kW）で、表4に掲げた切削諸元により外周旋削を行なった。各実験項目に使用した供試材は表5に示すとおりである。なお丸棒状材の端面の影響は無視することにした。

#### 3.1 工具寿命

工具摩耗量の測定は供試材が十分でなかったため、フランク摩耗幅  $V_B$  は 0.025mm から 0.25mm 程度までの範囲において行ない、40倍の顕微鏡観察により測定した。

一実験終了ごとの工具研削は、刃部形状の再現性を高めるために同一実験者が綿密に行なった。

表4 実験項目における切削諸元

項目	諸元			切削条件				切削工具			工具刃部形状	
	切削速度 m/min.	送り mm/rev	切込み mm	材質	大きさ mm×mm	突出量 mm	工具分類	刃部形状	ノーズ形状 角度	切刃幅		
工具寿命	53~410	0.17	1.00	P20	19×19	20	ロー付け 工具	(0.5, 6, 6, 8, 0, 0.50)	45	0.50		
切削抵抗	30~180	0.10~ 0.50	0.50~ 1.00	P30	19×19	25	スローアウ エイ工具	(-6, -5, 5, 5, 30, 0, 0.50)	—	—		
切削温度	50~220	0.10~ 0.40	1.50	P20	19×19	20	ロー付け 工具	(0.5, 6, 6, 6, 0, 0.50)	45	0.50		
せん断角	50~220	0.10~ 0.40	1.50	P20	19×19	20	ロー付け 工具	(0.5, 6, 6, 6, 0, 0.50)	45	0.50		
切屑形状	50~220	0.10~ 0.40	1.50	P20	19×19	20	ロー付け 工具	(0.5, 6, 6, 6, 0, 0.50)	45	0.50		
仕上面あらさ	10~200	0.07 0.25 0.43	1.00	P30	19×19	25	スローアウ エイ工具	(-6, -5, 5, 5, 15, 15, 0.80)	—	—		

注) 1. 切削諸元の単位はmm, 度である。

2. 刃部形状は JIS B4011 による。

表 5 実験項目と供試材

分類 No.	試料番号												
	基本材 1 (S55C) (相当材)		2 (S添加鋼)		3 (S-Ca) (添加鋼)		4 (Pb添加鋼)		5 (Te添加鋼)			6 (Se-Te添加鋼)	
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	5-3	6-1	
項目													
工具寿命	○			○	○			○					○
切削抵抗		○	○			○	○			○	○		
切削温度		○				○	○			○		○	
せん断角		○				○	○	○		○		○	
切屑形状		○				○	○	○		○		○	
仕上面あらさ		○	○			○	○			○	○	○	

注) ○印は実験をしたものを示す。

### 3.2 切削抵抗

切削抵抗の測定は切削動力計(機械試験所式昌運工作所3分力測定用)に動歪測定器(共和電業 DM-N型)および電磁オシログラフ(共和電業 RMV-33G型)を組合せて行ない、工具摩耗が問題とならない範囲で実験した。

### 3.3 切削温度

超硬チップと0.7mmφの鋼線により熱電対を構成させた温度検出用バイトにより熱起電力を検出し、これを直流アンプにより増幅して熱ペンレコーダで記録した。

### 3.4 せん断角

構成刃先を伴わない二次元切削の切削機構は図1のような切削模型で表わすことができる。

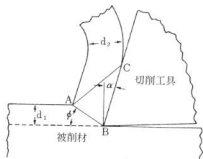


図1 二次元切削模型

この実験は正確には二次元切削ではないが、二次元切削に近似するものとみなして、次式によりせん断角を求めた。

$$\tan \phi = \gamma_r \cdot \cos \alpha / (1 - \gamma_r \cdot \sin \alpha)$$

$\gamma_r$ : 切削比  $d_1/d_2$   
 $\alpha$ : 工具すくい角

切屑厚さ  $d_2$  はポイントマイクロメータを用いて測定し、測定誤差をさけるため、15点の平均切屑厚さとした。

### 3.5 切屑形状

切屑形状は切削初期のものを採取して写真に撮影した。

### 3.6 仕上面あらさ

使用した測定器は、触針式表面検査器(小坂研究所SE-3型)で  $R_{max}$  ( $\mu$ ) で測定した。

なお、工具摩耗のあらさにおよぼす影響をさけるため、工具交換を早めに行った。

理論値は下記の式により算出した。

$$R \approx 0 \text{ のとき}$$

$$f \leq 2R \sin \gamma$$

$$R_{max} = f^2 / 8R \times 10^3$$

$f$ : 送り (mm/rev)  
 $R$ : 工具刃先ノーズ半径(mm)  
 $\gamma$ : 前切刃角(度)

## 4. 実験結果および考察

使用した供試材を、添加物が鋼材の被削性におよぼす影響により分類すると、S, Te, Se; Ca; Pbの三系統に分けられる。これらの添加物による効果はそれぞれ異な

り、S, Te, SeなどはMnと化合物をつくって鋼中に存在し、切削時の切削分離破断のチップブレイカーとして作用すること、工具摩擦面での塗付防止、減摩効果を与えることといわれている<sup>21)</sup>。

またCaの作用は工具すくい面に酸化物系付着物(Belag)を生じ、切削工具すくい面の直接金属接触を防ぎ、工具寿命も延長される<sup>22)</sup>。

Pbを添加したものは鉛が微粒として鋼中に存在し、切削中表面にた鉛がすくい面に供給され、潤滑剤として働くため被削性が良好となる<sup>23)</sup>。

#### 4.1 工具寿命

##### 4.1.1 探索試験

探索試験は表1、表5に示す条件で、切削時間の経過にともなう切削工具逃げ面摩耗幅 $V_B$ を測定したものである。

図2はS55C相当材(基本材)の $V_B$ 線図であるが、高速域による曲線の上昇は著しく、切削温度の上昇に伴う摩耗幅の進行は急であったが、摩耗量はおおむね安定していた。

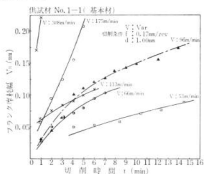


図3はNo. 2-2 (S添加鋼)の $V_B$ 線図である。線図は図2と同様であるがその増加割合は低下している。脱化作用を起し易いので低速域では比較的安定している。

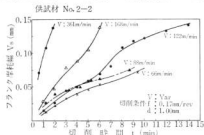


図4は $V_B$  No. 3-1 (Cu-Co添加鋼)の $V_B$ 線図である。一般的な切削速度域においてベラーグの効果によりフランク摩耗幅は極めて小さく、工具寿命は非常に優れた結果を示した。

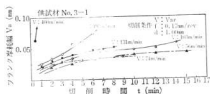


図5はNo. 4-2 (Pb添加鋼)の $V_B$ 線図である。Pb含有量は比較的少量であるが、低切削速度域においてはかなりの安定しているのがうかがえる。

切削速度の上昇とともにPbの効果も少しに減少し、曲線の立ち上がりは漸次急になっている。

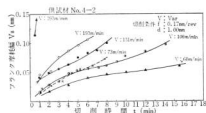


図6はNo. 5-2 (Te添加鋼)の $V_B$ 線図である。通常切削における速度域ではフランク摩耗幅0.05mm程度までは殆んど差はないが、ある程度摩耗幅が増すとかなり急上昇するのではないかと推測される。

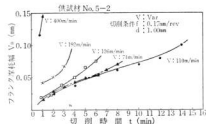


図7は No. 6-1 (Se-Te添加鋼)の $V_B$ 線図である。各切削速度において、はじめは摩擦係数急激に増加するが、ある一定時間経過すると、切削速度 300m/min程度まで、はかり安定して摩擦が進行するものと思われる。

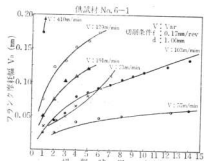


図7 フランク摩擦係数と切削時間

#### 4.1.2 V-T線図

探索試験の結果をV-T線図、図8、図9、図10に示す。No. 3-1 (S-Ca添加鋼)は各供試材に比較して工具寿命は特に良好な結果を示している。

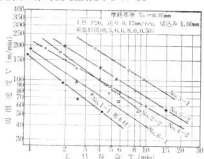


図8 各種添加鋼の工具寿命線図

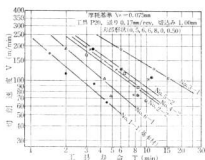


図9 各種添加鋼の工具寿命線図

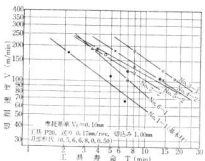


図10 各種添加鋼の工具寿命線図

No. 4-2 (Pb添加鋼)とNo. 3-1 (S-Ca添加鋼)の $n$ 値はよく似ている。

No. 2-2 (S添加鋼) No. 5-2 (Te添加鋼)は、No. 3-1 (S-Ca添加鋼)とNo. 1-1 (基本材)の中間に存在するが、 $V_B: 0.10$  mmにおいて $n$ 値がもっとも小さくなった。

表 6  $n$  C 値 ( $VT^n=C$ )

供試材 No.	$V_B: 0.05$ mmのとき	$V_B: 0.075$ mmのとき	$V_B: 0.10$ mmのとき
1-1	VT $0.718=154$	VT $0.693=235$	VT $0.736=305$
2-2	VT $0.729=268$	VT $0.710=400$	VT $0.594=400$
3-1	VT $0.588=410$	VT $0.602=540$	VT $0.662=750$
4-2	VT $0.587=228$	VT $0.746=435$	VT $0.618=510$
5-2	VT $0.620=300$	VT $0.729=460$	VT $0.536=385$
6-1	VT $0.664=180$	VT $0.896=345$	VT $0.844=530$

V-T線図は平行移動していないがその理由は把握できなかった。

No. 6-1 (Se-Te添加鋼) はS系列の複合添加鋼であるが、工具寿命は良好な結果を示さなかった。なお、表6は式、 $VT^m=C$ における  $m$ : $C$  の値を示す。

試料が十分でなかったため、一般的なフラック摩耗幅 ( $V_B=0.60$  mm) に至るまでの実験ができなかったが、切削速度 100 m/min における予想寿命線図を圖11に示した。

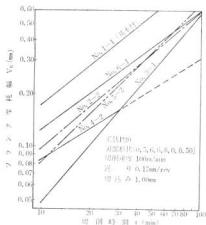


図11 各種添加鋼の予想寿命線図

因より S-Ca 添加鋼においてはペラークの効果は顕著であることがわかる。

No. 2-2 (S 添加鋼) No. 5-2 (Te 添加鋼)のごとく脆化作用だけの効果はあるにしても、No. 3-1 (S-Ca 添加鋼)にはおよばないようである。

#### 4.2 切削抵抗

各添加鋼はいずれも切削速度 40 m/min ~ 50 m/min 附近で切削抵抗の最大値が存在するが、その値はNo.1-2 (基本材) よりもかなり低い。これは基本材に比較してかなり広範囲な切削速度域でも有利に切削できるものと予想される。なお切削速度の設定は、Ca 脱酸鋼の場合工具付着物が有効に作用する切削速度域が存在するといわれている<sup>1)</sup>ので 180 m/min 以下とした。

図12-1 に基本材を切込み、 $1.0$  mm,  $0.5$  mm において、送り  $0.1 \sim 0.5$  mm/rev に変化させた場合の切削速度と切削抵抗の関係を示す。

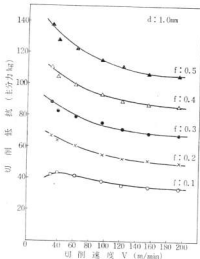


図12-1 No. 1-2 (基本材)の切削抵抗と切削速度

以下基本材と快削添加鋼との比較を図12-1 ~ 図17-2に示す。

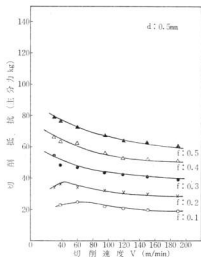


図12-2 No. 1-2 (基本材)の切削抵抗と切削速度

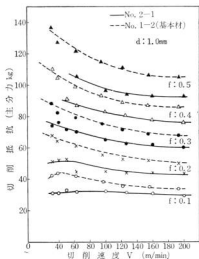


图13-1 切屑抵抗と切削速度

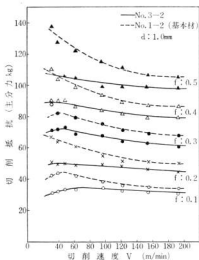


图14-1 切屑抵抗と切削速度

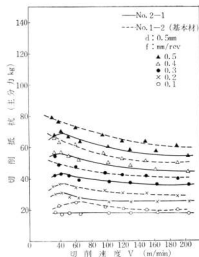


图13-2 切屑抵抗と切削速度

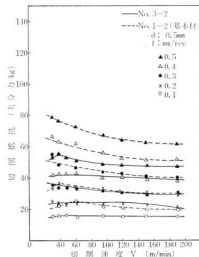


图14-2 切屑抵抗と切削速度

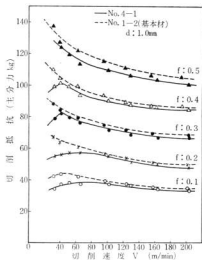


图15-1 切削抵抗と切削速度

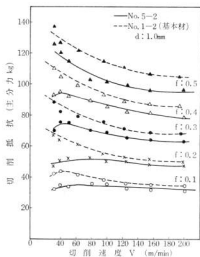


图16-1 切削抵抗と切削速度

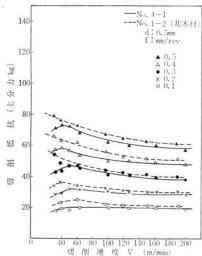


图15-2 切削抵抗と切削速度

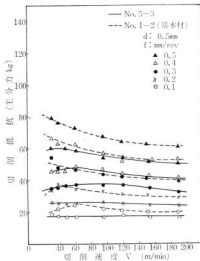


图16-2 切削抵抗と切削速度



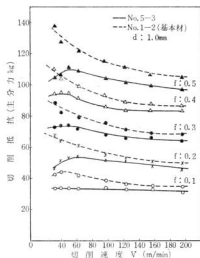


図17-1 切削抵抗と切削速度

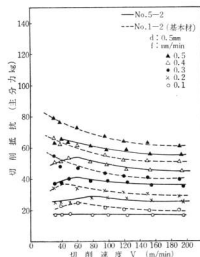


図17-2 切削抵抗と切削速度

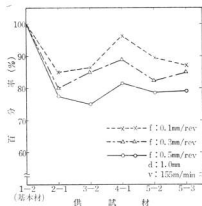
No. 2-1 (S添加鋼)は基本材に対し切削抵抗の減少は、切込み 1.0 mm, 送り 0.5 mm/revで約 20 kg, 切込み 0.5 mm, 送り 0.3 mm/revでは約 5 kgである。

No. 3-2 (S-Ca添加鋼)は切削速度全域にわたって切削抵抗の変化はきわめて僅少であり、また基本材に対する切削抵抗の低下が顕著である。すなわち広切削速度域において有利である。

No. 4-1 (Pb添加鋼)では基本材に対する切削抵抗の低下は、切込み 1.0 mm, 送り 0.5 mm/revにおいて約 5 kg であり、その効果は僅少である。これは Pb 含有量が少ないためであると思われる。

No. 5-2 (Te 添加鋼)は切削抵抗の安定した速度域はやや高いようである。さらに添加量を増加した場合、供試材 No. 5-3 では効果が認められ、切込み 0.5 mmにおける切削抵抗の低下の割合は No. 5-2と比較して大である。また広範囲な速度域において抵抗値の変化も僅少である。

図18は各種供試材の比切削抵抗を示したものである。(Pは切削抵抗を示す)

図18 No. 1-2 (基本材)を100とした場合の各供試材の比切削抵抗 ( $P/P_0$ -d kg/mm<sup>2</sup>)の場合

No. 3-2 (S-Ca添加鋼)がもっとも良い結果を示した。比切削抵抗を比較してみると、すべての供試材について送りの変化にともない比切削抵抗も変化しており、送りを大きくすること、すなわち重切削をする方が有利であることを示している。

#### 4.3 切削温度

図19に供試材, No. 5-1, No. 5-3 (Te添加鋼)の切削温度の測定結果を示す。

切削温度は切削機構や切削工具摩耗に強く関係する。すなわち、切削抵抗や、せん断角、切削工具すくい面と切屑との接触面積などによっても左右される。

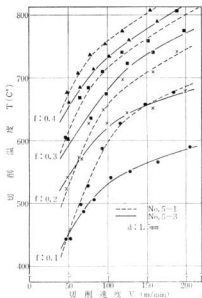


図19 切削温度と切削速度

また切削速度に比例して切削温度も上昇する傾向をもっているが、その割合は一様ではなく切削速度 100m/min 前後までの増加率が大きく、それ以後ではしだいに減少する。これは切削比が大きくなるにつれて切屑接触面積が小さくなるほか、せん断歪を起して切屑を形成しつつある点(切削点)の温度ではなく、切刃部の温度を測定しているため、伝導、放射などで失われた熱量が差し引かれたものと思われる。

図20に供試材と切削温度の関係について示す。

No. 1-2 (基本材)に対して各鋼種とも切削温度は低く、添加元素は好影響を与えているようであるが、その効果は  $S-Ca > Te > Pb$  の順で低くなっている。

$S-Ca$  添加鋼が基本材より  $110^{\circ}C \sim 200^{\circ}C$  低い切削温度を示しているが、この原因としては切削工具すくい面に形成されるベラージュによる効果があげられる。

#### 4.4 せん断角

切削比の大きいこと、すなわちせん断角の大きいことは被削性の良好であることを示す。

せん断角の大きさは切削工具形状、切削条件などにより変化するものであり、切削工具すくい角、切削速度、送りなどの増加とともに大きくなる傾向をもっている。

この実験においても同様の結果を示し、その値は  $20 \sim$

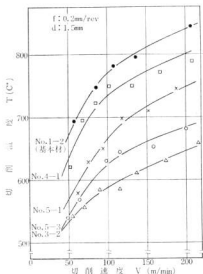


図20 各種添加鋼の切削温度

$35^{\circ}$ の範囲にあった。

図21、図22に No. 3 (S-Ca 添加鋼) についてのせん断角を示す。

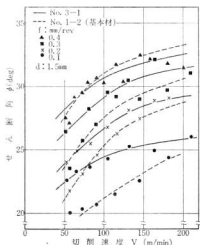


図21 せん断角と切削速度

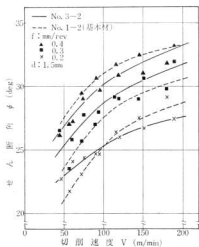


図22 セン断角と切削速度

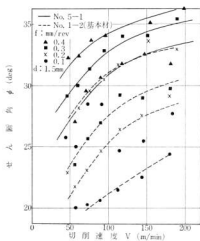


図24 セン断角と切削速度

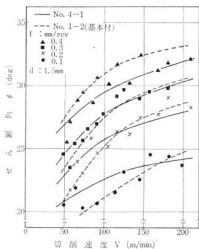


図23 セン断角と切削速度

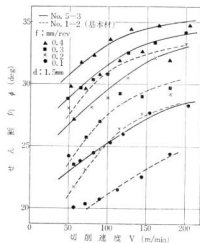


図25 セン断角と切削速度

Ca 脱酸鋼は切削工具すくい面にベラークが形成され、切削工具寿命を増大させる効果をもつが、せん断角などにはほとんど影響を与えないとする説が発表されている<sup>1)</sup>。この実験の結果も、送りせん断角におよぼす影響がいくぶん小さくなっているほかは基本材とほとんど同

様の傾向にあり、全体としてみた場合には低速、低送り領域をのぞいて大差ない結果となっている。

鋼中の Pb 微粒子は切削を継続するほか、潤滑剤として働くとされているが、供試材の Pb 含有量が比較的少量のため、せん断角は基本材とほとんど差が認められな

かったものと思われる。

前出、図21に示す S-Ca 添加鋼の場合と同様に送りの影響が小さくなっているほか、高速側では基本材のせん断角より低くなっていることが注目される。

図24、図25に供試材 No. 5-1, No. 5-3 (Te 添加鋼) についてのせん断角を示す。

Te 添加鋼は他の鋼種に比較して大きなせん断角を示している。同じ Te 添加鋼であっても No. 5-1 の方が No. 5-3 に比べて大きなせん断角をもっているが、両者の Te 含有量の差は0.002%程度にすぎないところから、むしろ金属組織、清浄度などの違いが作用したものかと思われるが、その根拠は明白でない。

図26に送り 0.2 mm/rev の各鋼種のせん断角と切削速度の関係を示す。

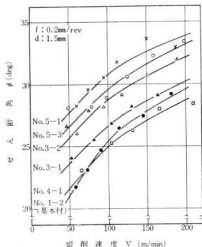


図26 各種添加鋼とせん断角

各鋼種添加鋼のせん断角は入値を示す添加鋼と、最小値を示す Te 添加鋼とでは約5°の差があり、S-Ca添加鋼が両者の中間値を示した。

なお Pb 添加鋼のせん断角は基本材に近い値を示したが、高速域では Pb 添加鋼の方が低いせん断角を示した。

#### 4.5 切屑形状におよぼす影響

切屑形状は切削加工の自動化、省力化をすすめる際には重大な問題点となるため、切削工具の形状、加工条件被覆材などについては数多く研究されている。

一般に鋼材の旋削切屑は切削速度が高くなるほど、また送りが低くなるほどコイル状連続切屑を生成しやすくなる傾向をもっている。

写真8に No. 1-2 (基本材) の切屑形状を示す。

高速になるほど切屑連続長さは短くなるが、 $f: 0.3$  mm/rev以下ではコイル状であり、 $f: 0.4$  mm/rev以上になると切屑は10巻以上のコイル状のものと2巻以上、1巻以下のものがまじるようになる。

写真9、写真10に供試材 No. 3-1 No. 3-2 (S-Ca 添加鋼) の切屑形状を示す。

$f: 0.1$  mm/revでは10巻以上のコイル状、 $f: 0.2$  mm/revではコイル状と2巻以下のものがまじり合って生成されるが、 $f: 0.3$  mm/rev以下では1巻以下のものが大部分を占めるようになる。

写真11に供試材 No. 4-1 (Pb 添加鋼) の切屑形状を示す。

切削速度 100 m/min 以上の切削条件のとき、一部にコイル状切屑が認められるが、大部分が2巻以上1巻以下のものである。

写真12、写真13に供試材、No. 5-1, No. 5-3 (Te 添加鋼) の切屑形状を示す。

供試材 No. 5-1 では  $f: 0.3$  mm/rev,  $V: 120$  m/min 以上にコイル状切屑がみられるほか一部に渦巻形が混じっている。供試材 No. 5-3 では切削速度、送りに関係なく巻前後のものが大部分を占めている。

以上の結果を総合して表7に示す。

表7 供試材と切屑形状

供試材 No.	切屑形状
1-2	1回転以上 $f: 0.4$ mm/rev 以上で1部1巻以下
3-1	3/4巻以上 $f: 0.2$ mm/rev 以下でコイル状
3-2	3/4巻以上 $f: 0.2$ mm/rev 以下でコイル状
4-1	3/4巻以上 $V: 100$ m/min 以上で1部コイル状
5-1	3/4巻以下 $V: 120$ m/min 以上で1部コイル状
5-3	1/2巻以上1巻以下

#### 4.6 仕上面あらし

No. 1-2 (基本材) に対する各供試材仕上面あらしの測定結果を図27～図32に示す。

供試材 No. 2-1 (S 添加鋼) については全切削速度域

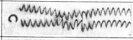





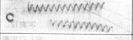
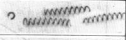
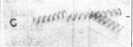

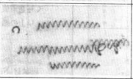

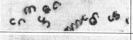
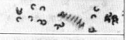
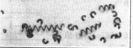
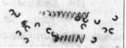
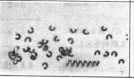

切削条件		供試材 No. 1-2	
f: 0.2mm/rev d: 1.5mm			
V: 58m/min	V: 113m/min		
V: 72m/min	V: 144m/min		
V: 90m/min	V: 180m/min		
f: 0.3mm/rev d: 1.5mm			
V: 58m/min	V: 113m/min		
V: 72m/min	V: 144m/min		
V: 90m/min	V: 180m/min		
f: 0.4mm/rev d: 1.5 mm			
V: 58m/min	V: 113m/min		
V: 72m/min	V: 144m/min		
V: 90m/min	V: 180m/min		

写真8 切削形状






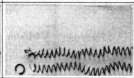


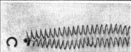
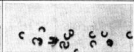
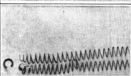
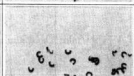
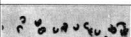
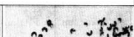

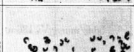
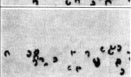
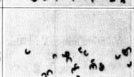
切削条件		供試材 No. 3-1	
f: 0.1mm/rev d: 1.5mm			
V: 52m/min	V: 105m/min		
V: 65m/min	V: 130m/min		
V: 82m/min	V: 165m/min		
f: 0.2mm/rev d: 1.5mm			
V: 52m/min	V: 105m/min		
V: 65m/min	V: 130m/min		
V: 82m/min	V: 165m/min		
f: 0.3mm/rev d: 1.5mm			
V: 52m/min	V: 105m/min		
V: 65m/min	V: 130m/min		
V: 82m/min	V: 165m/min		

写真9 切削形状

切削条件		供試材 No. 3-2	
f: 0.2mm/rev d: 1.5mm			
V: 47m/min	V: 94m/min		
V: 60m/min	V: 119m/min		
V: 75m/min	V: 150m/min		
f: 0.3mm/rev d: 1.5mm			
V: 47m/min	V: 94m/min		
V: 60m/min	V: 119m/min		
V: 75m/min	V: 150m/min		
f: 0.4mm/rev d: 1.5mm			
V: 53m/min	V: 106m/min		
V: 68m/min	V: 136m/min		
V: 86m/min	V: 170m/min		

写真10 切屑形状

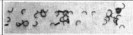

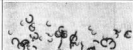
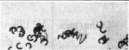
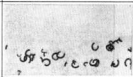
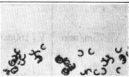
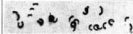
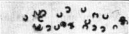
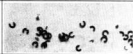
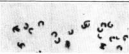
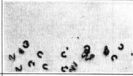
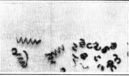

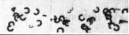
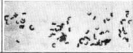
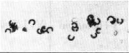
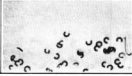
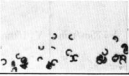
切削条件		供試材 No. 4-1	
f: 0.2mm/rev d: 1.5mm			
V: 53m/min	V: 105m/min		
V: 68m/min	V: 130m/min		
V: 86m/min	V: 167m/min		
f: 0.3mm/rev d: 1.5mm			
V: 50m/min	V: 125m/min		
V: 63m/min	V: 158m/min		
V: 79m/min	V: 194m/min		
f: 0.4mm/rev d: 1.5mm			
V: 53m/min	V: 105m/min		
V: 68m/min	V: 130m/min		
V: 86m/min	V: 167m/min		

写真11 切削形状





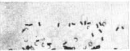
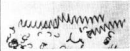



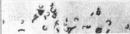
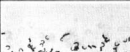
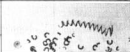
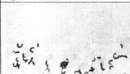
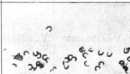
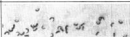
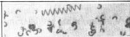

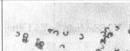
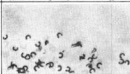
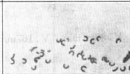
切削条件		供試材 No. 5-1	
f: 0.2mm/rev d: 1.5mm			
V: 46m/min	V: 100m/min		
V: 60m/min	V: 125m/min		
V: 75m/min	V: 160m/min		
f: 0.3mm/rev d: 1.5mm			
V: 46m/min	V: 100m/min		
V: 60m/min	V: 125m/min		
V: 75m/min	V: 160m/min		
f: 0.4mm/rev d: 1.5mm			
V: 46m/min	V: 100m/min		
V: 60m/min	V: 125m/min		
V: 75m/min	V: 160m/min		

写真12 切屑形状





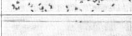

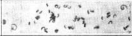
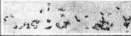
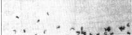
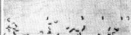
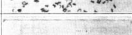
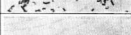


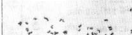

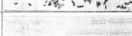

切削条件		供試材 No. 5-3	
f: 0.1mm/rev d: 1.5mm			
V: 46m/min	V: 100m/min		
V: 60m/min	V: 125m/min		
V: 75m/min	V: 160m/min		
f: 0.2mm/rev d: 1.5mm			
V: 46m/min	V: 100m/min		
V: 60m/min	V: 125m/min		
V: 75m/min	V: 160m/min		
f: 0.3mm/rev d: 1.5mm			
V: 46m/min	V: 100m/min		
V: 60m/min	V: 125m/min		
V: 75m/min	V: 160m/min		

写真13 切屑形状

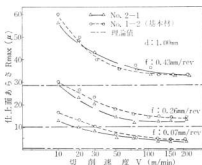


図27 仕上面あらさと切削速度

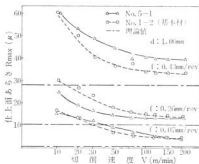


図30 仕上面あらさと切削速度

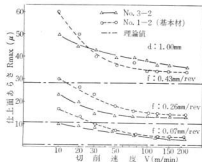


図28 仕上面あらさと切削速度

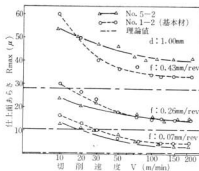


図31 仕上面あらさと切削速度

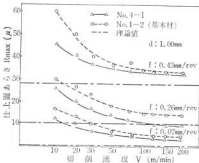


図29 仕上面あらさと切削速度

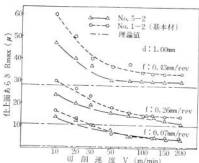


図32 切削仕上面あらさと切削速度

表 8 基本材に対するあらさの減少率 (%)

供試材 No.	基本材						
送りmm/rev	1-2	2-1	3-2	4-1	5-1	5-2	5-3
0.43	100	8	16	27	0	10	22
0.26	100	7	23	17	17	20	27
0.07	100	25	38	38	13	18	18

とも送りの変化に伴う差異はあまり認められない。  
供試材 No. 3-2 (S—Ca 添加鋼) は各送りとも低速域になるにつれて次第に良好となる傾向がみられた。

供試材 No. 4-1 (Pb 添加鋼) は Pb 含有量が少ないにもかかわらず、各送りとも全切削速度域において仕上面あらさは良好であった。これは添加元素の Pb の潤滑効果によるものと思われる。

供試材 No. 4-1 (Pb 添加鋼) と No. 3-2 (S—Ca 添加鋼) を比較した場合高速域においてはほしいと同じであるが、低速域では低送りの場合 No. 3-2 が比較的良好結果を示し、高送りの場合 No. 4-1 が非常に良い結果を示した。

図 30, 図 31, 図 32 には Te 添加量を変化させた場合の仕上面あらさを示す。供試材 No. 5-1, No. 5-2, No. 5-3 (Te 添加鋼) は基本材と比較して送り 0.07 mm/rev, 0.24 mm/rev では低速域において同じように良好結果を示したが、0.43 mm/rev では No. 5-3 が非常に良好であった。No. 5-1, No. 5-2 は中高速域において基本材に対しあらさが大きくなる結果を示した。

表 8 は基本材に対するあらさの減少が顕著にあらわれた切削速度 (10 m/min) を基本として、送りの変化に伴うあらさの減少率の一例を示したものである。

## 5. 結 言

以上、それぞれの比較切削試験の結果、各項目ごとに次のようなことが明らかになった。

### 5.1 工具寿命

No. 1-1 (基本材) に対する予想寿命線図において、フランク摩耗幅 ( $V_R$ ) を 0.60 mm としたときの切削時間は一般的な場合よりも短いように思われる。

No. 3-1 S—Ca 添加鋼) の工具寿命におよぼす効果は良好であった。ただしフランク摩耗幅 ( $V_R$ ) が 0.6 mm 程度になると他の添加鋼との差はあまりないように思われる。

No. 2-2 (S 添加鋼) よりも No. 5-2 (Te 添加鋼) の方が寿命曲線は安定している。

No. 6-1 (Se—Te 添加鋼) のような複合添加鋼の効果は他の添加鋼と比較して良くない。

No. 4-2 (Pb 添加鋼) は低速域においては効果が認められるが高速域になるにつれて効果は低下する。

### 5.2 切削抵抗

一般に各供試材とも送りの増加に伴って切削抵抗の増加率は寸法効果により減少する。同一切削速度においては No. 2-1 (S 添加鋼), No. 3-2 (S—Ca 添加鋼) が切込み、送りの増加に伴い、基本材との比較において切削抵抗値の差が明瞭であり、特に No. 3-2 (S—Ca 添加鋼) が顕著であった。

No. 5-3 (Te 添加鋼) においてはその効果は十分に認められた。

各種添加鋼の切削抵抗は切削速度 40~50 m/min 付近で最大値を示すようである。

### 5.3 切削温度

一般に各種添加元素は切削温度の低下に効果があるが一律ではない。No. 1-2 (基本材) に対して No. 3-2 (S—Ca 添加鋼) において 125°C~180°C, No. 4-1 (Pb 添加鋼) の場合 25°C~35°C の低下であったが No. 5-3 (Te 添加鋼) ではその中間値を示した。

### 5.4 せん断角

せん断角は切削速度、送りの増大とともに大きくなるものであるが、添加元素はせん断角を増大させる傾向があり、その効果は Te, S—Ca, の順であった。各種添加鋼中 No. 5-1 (Te 添加鋼) がその効果は特に大であった。

### 5.5 切屑形状

No. 1-2 (基本材) が切削速度全域にわたってコイル状切屑となるのに対して、各種添加鋼は切断され易くなり No. 5-3 (Te 添加鋼) は特に顕著である。

中速度域においては大部分の切屑が 2~3 巻となる傾向が強い。

なお切屑処理の面については No. 4-1 (Pb 添加鋼) が良いように思われる。

### 5.6 仕上面あらさ



# 円筒研削作業に関する研究 (第4報)

## 目直し条件と砥石寿命について

南 良 良 治, 吉 池 啓 信  
中 塩 武 之, 松 垣 和 生

### 1. 緒 言

本実験は、鋼材の研削精密仕上げ作業に一般に多く使用されているWA80砥石で円筒トラバース研削を行ない、研削精度および品位、生産能率の向上をはかりながら目直し間最大研削量を得るための目直し条件の設定を目的とした。研削条件の組合せにおける砥石寿命点に至るまでの経過で、目直し条件により砥粒切削の分布は変化する。このため、研削量の増加にともない砥粒切削は摩耗、脱落などが起り研削過程での砥粒切削に作用し、研削抵抗、研削仕上げ面あらし、砥石摩耗量などの変化となって現われる。

これらの値を知るならば最適目直し条件の設定も可能であろうとの考えから砥石寿命点に至るまでの研削動力の変化、研削仕上げ面あらし、砥石摩耗量、真円度などの変化を測定し、この間の動向を調査することとした。

### 2. 試料と実験方法

目直しされた研削砥石により、規定切込を与えたトラバース研削を行ない、その時の研削量、研削動力、研削仕上げ面あらし、砥石摩耗量、真円度などを測定し、目直しによる効果の比較をする。

#### 2.1 研削実験方法

実験方法は図1に示すような工作物を心押台側で規定切込を与え、研削幅 300mm、とりしろ (真径で) 0.2mm 研削し、上記の各測定を行なう。



図1 試削材の形状および寸法

#### 2.2 研削条件

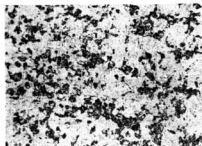
研削条件を表1に、工作物の化学組成を表2に示す。字裏1は試料の金属組織で、地の組織はマルテンサイト

表1 研 削 条 件

砥 石	種 類	WA80J7V	砥 石 の 形 状	300×50×127
工 作 物	材 質	S45C	硬 度	H <sub>RC</sub> 58~60
	直 径	53φ	研 削 幅	300
機 械	RU—28形万能研削盤 豊田工機 {振り 300 心間距離 500			
研削方式	円筒トラバース研削			
ドレッシング 条 件	ドレッサの種類	単石ドレッサー	ドレッサ形状	先端半径 0.5R 2 Calt
	ドレッサ送り速度	0.2~1.0 m/min	ドレッサ切込量	0.01 mm
研削条件	砥石回転数	1750 r. p. m.	砥石周速	1650 m/min
	工作物回転数	112 r. p. m.	工作物周速	16.5 m/min
	切込み量	0.005 mm	スパークアウト回数	1回
	送り速度	0.5~1.0 m/min	速 度 比	100
研削液	種 類	ジョンソンワックス	希 釈 率	60倍

表2 化学成分(%)

C	Si	Mn	P	S
0.46	0.25	0.80	0.017	0.020



焼入温度850°C 水焼入 ×400  
写真1 被削材の組織

トで黒い結節状の組織(一次トルースタイト)である。

## 2.3 目直し条件

新しい研削作業面を得るために見取りされた砥石に対して砥石面をそろえる目的で切込 0.02 mm、送り 0.8 mm/min で3回目直しを行なった後、所定の条件で5回目直しを行なった。なお使用したドレッサーは、単粒ダイヤモンドドレッサーであり、その形状を写真2に取付角度を器2に示す。

## 2.4 測定方法

### (1) 研削量

研削前後の工作物の直径をマイクロメーターで測定し、これを差積して研削量を算出した。

### (2) 研削動力

電力記録計により入力電力を測定し、負荷動力と研削開始時の無負荷動力との差を正味動力値として測定する

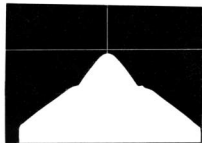


写真2 ドレッサー先端形状(×10)

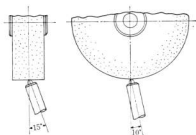


図2 ドレッサー取付角度

### (3) 研削仕上げ面あらさ・真円度

砥石切込量の合計が0.1 mm ごとに被削材を研削盤から取はずし、触針式表面あらさ計により  $R_{max}(P)$  値の測定を行ない、真円度は、被削材を精密三角台上に設置し、中央点を電子マイクロメーターで測定し、振しの最大値を測定値とした。

### (4) 砥石摩耗量

砥石切込量の合計が0.1 mm ごとに、砥石作業面に設けた基準面から研削作業面までの高さの変化量を電気マイクロメーターにより検出し、熱ペンレコーダーにより記録、測定した。

### (5) 使用機器

円筒研削盤：豊田工機 RU-28-50  
電力計：横河電気 KER-30  
表面検査機：小坂研究所 RJ-2  
電気マイクロメーター：小坂研究所 M-330A  
電子マイクロメーター：安立電気 K-402A  
熱ペンレコーダー：渡辺測器 WTR-201

## 2.5 砥石寿命について

目直しされた研削砥石で研削仕上げ加工を行なう場合、自生発刃作用を期待する作業は許されず、砥粒切削の摩耗により、図3に示すように研削量の増加に伴ない研削動力も増大し、ある点を越えると急速に増大する。この点においては、研削仕上げ面あらさ、真円度、砥石摩耗量などの急激な変化が認められ、研削面に焼け、びびりな

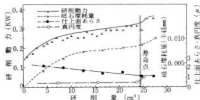


図3 研削砥石の寿命特性

どが生じ製品の品位は低下し、研削精度から見て最終研削は不能となるのでこの点を砥石寿命とした。<sup>2)</sup>

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 研削動力について

研削砥石は一般の切削工具と異なり不定形切刃をもつ多刃工具である。したがって、切刃の構成（切刃の形状研削作用をしている砥粒数など）は使用する砥石、研削条件、被削材などにより、研削作業の進行とともに変化する。<sup>2)</sup>一方、同一砥石で研削加工条件を一定にした場合においても目直し条件により研削動力値は変ってくる。図4に研削動力とドレッシング速度の関係を示す。図に示すようにドレッシング速度が下がるにつれて研削動力値が高くなる。<sup>3)</sup>トラバース速度の影響については図5に示すように、トラバース速度の増大に比例して研削動力は高くなる傾向を示している。以上の結果より研削動力は目直し条件による研削作用をする砥粒数および大きさ、形状などの影響が大きく、低速でのドレッシングほど研削抵抗は大であり、トラバース速度の上昇と

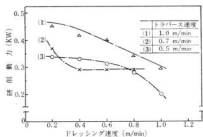


図4 研削動力とドレッシング速度

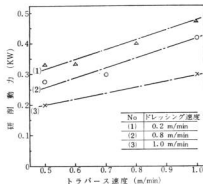


図5 トラバース速度と研削動力

もに研削動力値も高くなる。

#### 3.2 研削仕上面あらさについて

目直し条件により本実験の研削仕上面あらさの動向には、つぎの2とおりの型が観察された。

(1) 研削量の増大とともに研削仕上面あらさは良好となる。高ドレッシング速度で目直しを行なった場合に多い。

(2) 研削量の増大には関係なく、仕上面あらさはほぼ一定値を保つ。これは低ドレッシング速度による目直しを行なった場合に多い。<sup>4)</sup>これらの関係を図6に示す。低速域での目直しでは研削仕上面あらさの初期値と研削量の増加に伴う砥石寿命点における仕上面あらさの変化は少なく、安定した研削状態である。しかし、図6に示すように研削初期仕上面あらさは、ドレッシング速度の影響が大きくドレッシング速度が 0.6 m/min 以上の場合その傾向が大で、研削仕上面あらさは悪くなる。図7にトラバース速度と仕上面あらさの関係について示す。研削初期仕上面あらさは、ドレッシング速度の高い場合は、トラバース速度の増大とともに良好となる。ドレッシング速度の低い場合には、逆にトラバース速度の

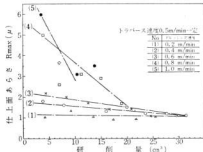


図6 研削条件と仕上面あらさの変化

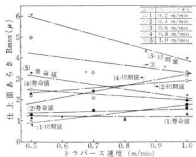


図7 トラバース速度と仕上面あらさ



増大とともに仕上面あらさは悪くなる傾向がある。研削砥石寿命点における仕上面あらさは、ドレッシング速度が高い場合トラバース速度が大きくなるにしたがいあらさは良好となる。低速域でのドレッシングではトラバース速度の増減に関係なくほぼ一定値を保ち砥石寿命点におけるあらさは  $R_{max} 1 \sim 2 \mu$  に取れんする傾向がある。

以上総合して、研削仕上面あらさは目直しされた砥石切刃形状が研削過程での研削条件により、砥石切刃の摩耗、剥落などにより切刃形状は変化し、研削仕上面あらさの変化として現われるものと考えられる。

### 3.3 砥石摩耗について

目直しされた砥石切刃の摩耗は研削精度および品位に大きな影響を及ぼす。

砥石摩耗量は研削量の増加とともに増大し、ドレッシング速度が大きくなるにしたがい比例して砥石摩耗量も増加する。この関係を図8に示す。この図よりドレッシング速度が低くなるにつれて砥石摩耗量が減少することがわかる。砥石寿命点における砥石半径減量を図9に示す。目直し条件でドレッシング速度  $0.2 \sim 0.4 \text{ m/min}$  の場合には、トラバース速度の影響はほとんど認められず

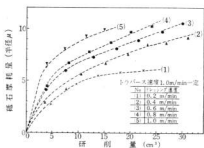


図8 砥石摩耗量と研削量

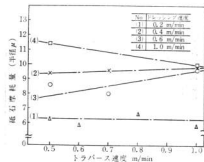


図9 砥石寿命点におけるトラバース速度と砥石減量

砥石寿命点における砥石摩耗量はほぼ一定値を保つ。 $0.4 \text{ m/min}$  以上のドレッシング速度での研削ではトラバース速度の増加とともに砥石摩耗量は一定値に取れんする傾向がある。以上の結果より砥石摩耗は、研削量の増加にしたがい摩耗し、だんだん砥石切刃は鈍化し、砥石の切れ味は悪くなりついに砥石の上すべり現象を起し、研削動力は急激に増大し、焼け、びびりなどが発生する。この点が図10に示すように研削動力および砥石摩耗量の急増点に相当し、目直し効果のおよぶ限界点と考えられる。

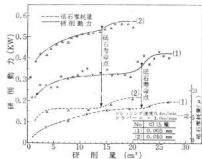


図10 研削動力と砥石摩耗量

### 3.4 真円度について

真円度は、研削盤の精度、研削法、ワーク形状による影響が一般的に大きい。ここでは図11に示すように、研削量の増加による砥石切刃の摩耗鈍化により、研削切屑量もだんだんと増大し、累積切屑量は過大となり不規則な研削状態となる。このような状態での研削が真円度不良になる原因と思われる。

### 3.5 目直し間研削量について

ドレッシング速度とトラバース速度の組合せにより、図12に示すように研削量はドレッシング速度の影響が大きく、 $0.4 \text{ m/min}$  で最大値を示す曲線となり、 $0.8 \text{ m/min}$  以上では急激に減少する。これは加工条件により、

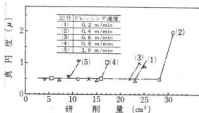


図11 真円度

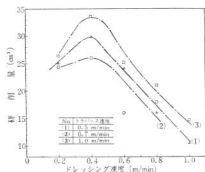


図12 ドレッシング速度と研削量

砥粒切刃に対しドレッシング速度が過大であると、研削作用砥粒数は減少し、砥粒一刃当りの研削抵抗は増大し図8に示すように砥石摩耗量は大きくなり砥石寿命は低下する。一方ドレッシング速度が過小であると砥石切刃数は増大するが、図8に示すように目直し効果のおよぶ砥粒切刃面は少し浅く砥石摩耗による鈍化により砥石寿命は図12のように低速域においても低下するものと考えられる。トラバース速度の影響についてはいずれも図12に示すようにトラバース速度 1.0 m/min の速度で目直し間最大研削量を得た。

#### 4. 結 言

S45C焼入鋼の円筒研削仕上をトラバース研削方式で行ない、つぎのような結果を得た。

1. 目直し間最大研削量は、ドレッシング速度 0.4 m/min の目直し条件で得た。
2. 研削筋力は研削量、トラバース速度の増大にともない増大するが、ドレッシング速度が大きくなるにしたがい逆に低下する。
3. 研削仕上面あらさは、目直し条件、加工条件によりちがいがあがるが、低ドレッシング速度、低トラバース速度では研削仕上面あらさは研削量の増減に関係なく、ほぼ一定値を保つ。
4. 研削仕上面あらさは、ドレッシング速度が大きくなるにしたがい、研削初期仕上面あらさは悪くなる。
5. 砥石摩耗量は研削量、ドレッシング速度の上昇とともに増大する。
6. 研削仕上作業における真円度は、砥石寿命点で急激に悪化する。

本実験において、研削量、仕上面あらさ、仕上面品位、真円度、砥石寿命など考慮した場合総合してドレッシング速度範囲としては 0.2~0.4 m/min 内で良好な研削結果を得た。

本実験にあたり試料 (S45C焼入鋼) の作成について熱心な御指導と御協力をいただきました当場石田場長ならびに金属部の御一同に対し感謝の意を表します。

#### 文 献

- 1) 牧野、野口：機械試験所報告66号 (1968) 5
- 2) 南良、石原、野口：本報告13 (1971) 16
- 3) 南良、吉池：本報告12 (1969) 137
- 4) 南良、吉池：本報告12 (1969) 137

## 円筒研削作業に関する研究 (第5報)

## 研削加工条件と砥石寿命について

南 良 治, 吉 池 啓 佑, 松 垣 和 生

## 1. 緒 言

研削加工技術の歴史は古く、機械化された精密仕上加工においては、材質の如何を問わず、かなり複雑な形状のものでも比較的簡単に精密仕上できることから、一般の機械工場での研削加工の分野はかなり広がっている。研削加工技術においては、目直し条件と加工条件は重要なポイントとなる。

目直し条件の影響については本題第4報に報告した。この結果は、WA80J7Vの砥石でS45C焼入鋼の円筒トラバース研削を行ない、研削能率および研削精度、品位などを考へた場合総合評価して、ドレッシング速度0.4 m/min のとき一番好結果を得たのでそのときと同一目直し条件にした場合の砥石切込量、トラバース速度、工作物周速などの研削加工条件を変えて、研削動力、研削量、研削仕上面あらさ、砥石摩耗量などを測定し、研削仕上作業における最適研削加工条件の設定を目

的として実験を行ない、その結果を報告する。

## 2. 実験方法及び機材

ドレッシング速度 0.4 m/min 一定で目直しされた研削砥石により、砥石切込量、トラバース速度、工作物周速などの加工条件を変えてトラバース研削を行ない、そのときの研削動力、研削仕上面あらさ、砥石摩耗量、研削量などを測定し、研削加工条件の影響について調査し比較した。

## 2.1 目直し標準

砥石切刃面を一定条件に揃える目的で荒とりされた砥石を切込 0.02 mm、送り 0.8 m/min で3回目直しを行なった後、表1に示す目直し条件で入念に目直しを行なった。

## 2.2 研削加工条件

被削材はS45C焼入鋼を使用した。その形状および寸法を図1に、化学成分を表2に示す。被削材の顕微鏡組

表1 研 削 条 件

砥 石	種 類	WA80 J 7 V	砥 石 の 形 状	300×50×127
工 作 物	材 質	S 45 C	硬 度	Hrc 58~60
	直 径	53φ	研 削 巾	300
機 械	豊田工機 RU-28 形万能研削盤 {振り300 心間距離500}			
研 削 方 式	円筒トラバース研削			
ドレッシング	ドレッサの種類	単石ドレッサ	ドレッサ形状	先端半径0.5R 2 Calt
	ドレッサ送り速度	0.4 m/min	ドレッサ切込量	0.01 mm
研 削 条 件	砥石回転数	1750 r.p.m.	砥石周速	約1650 m/min
	工作物回転数	64~200 r.p.m.	工作物周速	6.5~20 m/min
	砥石切込み量	0.005~0.015 mm	スパークアウト回数	1 回
	トラバース速度	0.5~1.5 m/min	速 度 比	85~250
研 削 液	種 類	ジョンソンワックス	希 釈 率	60 倍

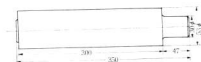


図1 被削材の形状および寸法

表2 化学成分(%)

C	Si	Mn	P	S
0.46	0.25	0.80	0.017	0.020

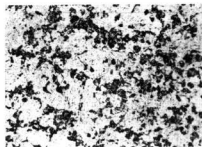


写真1 被削材の組織

織は写真1に示すように、地の組織はマルテンサイトと黒い結節状の組織は一次トルースタイトを示す。

研削加工条件は表1に示すように、研削砥石はWA 80J7V 砥石を使用し、砥石回転数 1750 r.p.m. で砥石回

速は約 1650 m/min 一定とし、表1に示す切込量を研削1回ごとに心押台側で規定切込を与え、トラバース速度、工作物周速を変えて研削実験を行なった。

### 2.3 測定方法

#### (1) 研削量

砥石切込量の合計が 0.1 mm ごとに研削前と研削後の被削材の直径をマイクロメーターで測定し、これを累積して研削量を算出した。

#### (2) 研削動力

電力記録計を使用して入力電力を測定し、研削時の負荷動力と無負荷動力との差を正味動力値として測定した。

#### (3) 研削仕上面あらさ

砥石切込量の合計が 0.1 mm ごとに被削材面上を研削方向に沿って触針式表面あらさ計により、 $R_{max}$  ( $\mu$ ) の値で読みとった。

#### (4) 砥石摩耗量

砥石切込量の合計が 0.1 mm ごとに砥石面に設けた基準面から砥石切方面までの高さの変化量を電気マイクロメーターにより検出し、熱ペンレコーダーに記録、測定した。

#### (5) 使用機器

電力計	横河電気	KER-30
表面検査器	小坂研究所	RJ-2
電気マイクロメーター	小坂研究所	M-330A
熱ペンレコーダー	洗辺測器	WTR-201

### 2.4 砥石寿命について

目直された研削砥石で精密仕上研削を行なう場合、砥石切刃は、摩耗脱落などにより研削量の増加ともない鈍化し切味は悪くなり、研削動力は図2のように研削

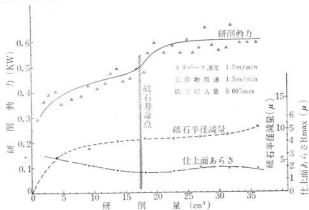


図2 砥石寿命特性

量とともに増大し、ある点をこえると急激に増大する。この点においては、研削仕上げ面あらかさ、砥石摩耗量などの急激な変化が認められ、研削面に焼け、びびりなどが生ずるため研削面の品位、精度からみてこの点を砥石寿命とした<sup>1)</sup>。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 研削動力について

研削動力は、研削中にかかる力、すなわち加工条件により研削抵抗は変わってくる。研削抵抗は、その大きさにより種々なトラブル、例えば工作物のビビリ、たわみ、砥石の損耗などの原因となり、砥石寿命に直接影響を与える<sup>2)</sup>。研削動力は図3に示すように、研削量の増加とともに増大し、ある点で急激に増大する<sup>1)</sup>。この点を砥石寿命とし、●印で示した。

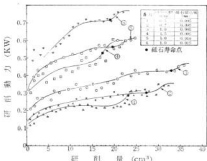


図3 研削動力と研削量の関係

この図では、砥石切込量一定でトラバース速度を変化させた場合と、トラバース速度を一定とし、砥石切込量を変えた場合の研削量の増加に伴う研削動力の変化に対する影響を示す。研削動力は砥石切込量の増加の影響が大きく、トラバース速度が大なるほど増大する。

図4は砥石寿命点における研削動力に対して研削切込量がどのような影響を与えるかについて示す。この図より研削動力は砥石切込深さに比例し、この関係は

研削動力 (KW) =  $K_1$  の関係が成立する。

ここに  $K_1$  は定数、 $1$  は砥石切込量とする。

図5にトラバース速度の影響について示す。図のような曲線で砥石切込量とともに研削動力に与える影響が大きいことが知れる。図6には工作物周速の影響を示すが研削動力に対し本実験ではあまり影響を及ぼしていない。以上の結果より、研削動力は砥石が工作物に接触している砥粒切对面積と工作物が送られる速度（トラバース速度）が大なるほど研削抵抗は増し、研削動力は大き

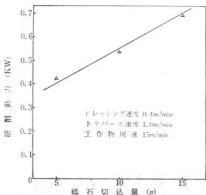


図4 砥石切込量の影響

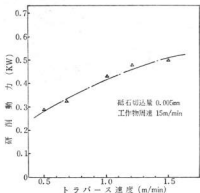


図5 トラバース速度の影響

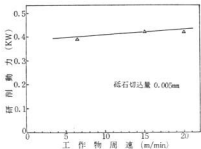


図6 工作物周速の影響

くなるものと考えられる。

### 3.2 研削仕上面あらさについて

研削仕上面あらさは、目直し条件の影響が大きい<sup>4)</sup>。一方研削加工条件により、図7、図8、図9、に示すような影響がある。図7は砥石切込量 0.005 mm 一定

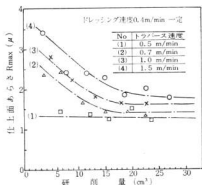


図7 トラバース速度が仕上面あらさにおよぼす影響

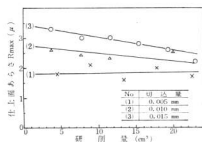


図8 砥石切込量が仕上面あらさにおよぼす影響

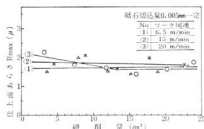


図9 工作物周速が仕上面あらさにおよぼす影響

とした場合のトラバース速度の大小が研削仕上面あらさにおよぼす影響について示す。仕上面はトラバース速度の増大に伴い悪くなる。研削量の増加とともに仕上面あらさは良好となり  $R_{max}$  1~2  $\mu$  に取れんする傾向がある。砥石切込量が仕上面あらさにおよぼす影響について図8に示す。砥石切込深さが増すにつれて研削仕上面あらさは悪くなり、研削量の増加とともにあらさは良好となる。図9は工作物周速の影響を示す。工作物周速が6.5~15 m/min では研削量の変化に対して仕上面あらさはあまり変わらず、ほぼ一定値を保つ。しかし、工作物周速が20 m/min になると研削初期における仕上面あらさは大きくなる傾向がある。しかし研削量の増加とともに工作物周速の影響は少なくなる。

以上総合して、研削仕上面あらさは砥石切込量が小さく、トラバース速度の違いほど良好となる。

一方研削仕上面あらさは、加工条件により研削量の増加とともに砥石切刃の摩耗、脱落などが生じ、砥石切刃の形状と分布は変化する。この影響も大きいものと思われる。

### 3.3 砥石摩耗について

砥石摩耗量はドレッシング速度が大なるほど大きく、研削量の増加にしたがい増大する<sup>4)</sup>。図10に加工条件による砥石摩耗への影響を示す。トラバース速度が大きく砥石切込量が大きくなるにつれて砥石摩耗量は増大する。研削量の増加にしたがい砥石摩耗量の変化は、砥石寿命点までは図2に示すように研削動力に比例して増加する。図11に砥石寿命点における砥石切込量と研削動力の関係を示す。砥石切込深さが大きくなると研削動力は比例して増大し、砥石寿命は図14に示すように逆に短くなる。

以上の結果より、砥石摩耗量は加工条件により、切刃の鈍化とともに研削動力も増大し、直接砥石寿命に影響を与える。

### 3.4 目直し研削量について

図12に示すように加工条件の一つであるトラバース速

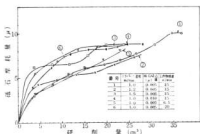


図10 砥石摩耗に対する研削加工条件の影響

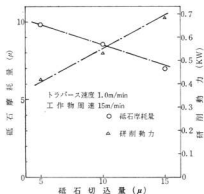


図11 砥石切込量の影響

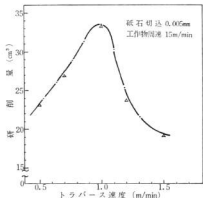


図12 トラバース速度と研削量

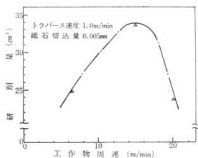


図13 工作物周速と研削量

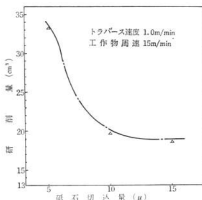


図14 砥石切込量と研削量

度の影響は、1.0 m/min を頂点とした曲線となり、トラバース速度が 0.5 m/min から上昇するにつれて研削量は増加し、1.0 m/min を上限として下降する。

工作物周速の影響については図13に示し工作物周速が低いと砥石切刃は上すべり現象を起し、逆に増大すると研削抵抗は大きくなり、砥石磨耗量は図9のように早期磨耗し砥石寿命は低下する。砥石切込量の影響は図14に示すように大きく、砥石切込量の増加につれて目直し研削量は減少する。これも工作物周速と同様に研削抵抗の増大により、砥石切刃は摩耗・脱落し砥石寿命は低下するものと考えられる。

#### 4. 結 言

S 45C 焼入鋼を目直し条件一定で、加工条件を変化さ

せて円筒トラバース研削を行なったときの加工条件の影響について、つぎの結果を得た。

1. 目直し研削量は、砥石切込量が小さいほど大きくなる。しかし、トラバース速度、工作物周速については図12、図13に示すようにある点をピークとして増減する。

2. 研削仕上げ面あらさは、トラバース速度の影響が特に大きく、トラバース速度が小さいほど仕上げ面あらさは良好となる。

砥石切込量の影響については、研削初期値あらさに対する影響が大きく、砥石切込深さが大きくなるにつれて悪化し研削量の増加とともに良好となる。工作物周速については他の加工条件に比較して影響が少なく、研削初期にはワーク周速が低いほど研削仕上げ面は良好であるが研削量の増加にもない影響は少なくなる。

3. 研削動力は砥粒の摩耗、脱落などによる切刃の鈍

化とともに増大する。

4. 研削動力は砥石切込量に比例して増大する。トラバース速度の上昇とともに図5に示すように増大する。工作物周速の影響はあまり認められない。

5. 砥石摩耗は研削抵抗に支配され、研削動力に比例した摩耗現象を呈し、砥石切込量、工作物周速、トラバース速度のいずれもの加工条件の影響を受ける。

#### 参 考 文 献

- 1) 南良, 吉池: 本報告 No.12 136
- 2) 小野: 研削仕上 研書店 (1966) 14
- 3) 南良, 石原, 野口: 本報告 No.13
- 4) 南良, 吉池, 松垣: 本報告 No.14



# 試作した切削動力計\*

片岡 豊, 吉池 啓 侑

## 1. 緒 言

切削力がどのように変化するかということは切削工学の被削性研究からすると大切な要因であり、切削力の挙動を研究するには切削動力計の性能(剛性、感度)がその測定容量に十分でなくてはならない。

一方、静的性質としての変位などは構成材料の弾性係数、寸法からかなり正確に計算できるが、動的性質となると構成材料の減衰性が問題となるから変化の速い現象はど一層困難になる。

試作した切削動力計はストレインゲージを加工物側につけたものであり、基準となる切削力(切削力の作用

点)の取り方によって切削力を修正する必要があるからその点に注意する必要があるが、穴あけ加工において3分力(径10mm程度)を測定できる切削動力計を試作し、実用されるだけの性能をえたので報告する。

## 2. 構造の概要

図1は穴あけ切削動力計を示す<sup>1)</sup>。

3分力(トルク、スラスト、ラジアル)の測定において、トルクはB-B断面にある対称な検出片 $8 \times 2$ の部分にある上下1個づつ(計4個)のストレインゲージにて検出している。

切削力によって、この断面には $\lambda_T = \sigma_T \cdot l/E$ の引張歪

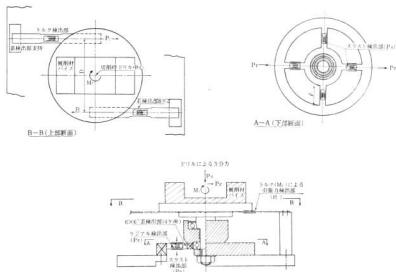


図1 切削動力計の構造

が生じ、この $\sigma_T$ は $M_T = P_T \times D$ の切削トルクによるものである。

また、スラスト力、ラジアル力は上部の被削材バイスを受けている2個の軸受(スラスト、ラジアル軸受)の

ボス部品としてA-A断面上にある4個の十字架の検出片 $6 \times 6$ の部品にある上下1個づつ(計8個)のストレ

\*昭和46年11月26日中国、四国支部創立20周年記念広島地方講演会にて発表

インゲージにて検出している。

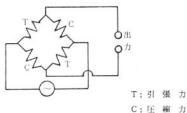
切削力によって、この断面には  $\lambda_B = \sigma_B / E$  の曲げモーメントが生じ、この  $\sigma_B$  は  $36 \times M_B \cdot \max$  kg/mm<sup>2</sup> による曲げモーメントによって生じる。

ストレインゲージに作用する最大曲げモーメント  $M_B \cdot \max$  は不穩定梁として、 $P_S \cdot l / 16$  相当が作用している。 $\lambda_B$  を検出することによって、スラスト力  $P_S$  を求めることができる。

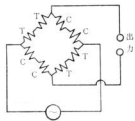
ラジアル力はスラスト検出片の十字梁のうち、対称な2個において、梁の側面にある1個ずつ（計4個）のストレインゲージにて引張、圧縮空として検出している。

スラスト力、ラジアル力を検出するときに切削動力計の構造上、梁の4面を使用しているのでストレインゲージの貼付、組立てによる内部応力のないように注意しないと相互干渉の原因になる。

図2はそれぞれのブリッジ回路であって容易に出力を得ることができる。



トルク、ラジアル力



スラスト力

図2 ストレインゲージによるブリッジ回路

ブリッジ回路によって加えた発振電圧と増幅部の制御により、感度変化もできる。

### 3. 切削動力計としての3分力校正

図3にそれぞれの3分力校正を示す。

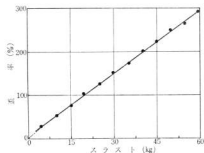


図3-1 スラスト校正曲線

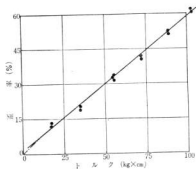


図3-2 トルク校正曲線

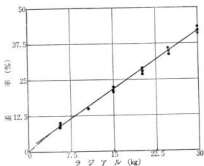


図3-3 ラジアル校正曲線

表1 校正曲線に対する荷重値

(1) トルクに対して ATT 耳			(2) スラストに対して ATT 耳			(3) ラジアルに対して ATT 耳			
校正値	STRAIN $-50 \times 10^{-6}$ G.F 2.04		校正値	STRAIN $-50 \times 10^{-6}$ G.F 2.04		校正値	STRAIN $-50 \times 10^{-6}$ G.F 2.04		
kg-cm	STRAIN RATIO (%)		kg	STRAIN RATIO (%)		kg	STRAIN RATIO (%)		
	第1回目	第2回目				第1回目	第2回目	第3回目	
18.1	14.0	13.5	5	35.1		5	11.8	10.1	11.0
36.2	23.1	21.4	10	62.3		10	16.0	16.1	16.3
54.3	32.0	30.0	15	80.0		15	21.6	20.7	23.0
72.4	43.1	42.4	20	110.9		20	27.7	28.4	27.6
90.5	52.3	51.7	25	129.4		25	32.2	35.9	34.2
108.6	62.2	61.7	30	152.2		30	38.0	42.8	41.7
			35	180.6					
			40	200.0					
			45	228.0					
			50	252.1					
			55	273.7					
			60	292.7					

また、校正値に対する荷重を表1に示す。

切削動力計の構造上、組合せ部分のためか組立てにおける残留応力は少しはあるが、それぞれにおいてかなりの直線性があるので、まず良好である。

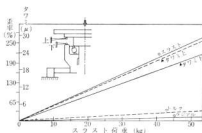


図4 スラスト荷重による3分力とタワミの関係

図4は切削動力計の上面にスラスト荷重を加えて、スラスト力、ラジアル力、トルク、タワミの変化するようすを求めたものであるが、タワミの量がトルク側(上)とスラスト、ラジアル側(下)とは異なっており、これは軸受、組立てなどにより生じたものである。

スラスト力、ラジアル力はボス側(下)にて検出しており、スラスト力(下)、ラジアル力(下)であり、トルク(上)はバイス側によるものであり、それぞれが相互干渉になっている。

トルクとスラスト力の割合は12.2%であり、ラジアル力とスラスト力の割合は4.8%である。

#### 4. 切削動力計の減衰性

図5に切削動力計の自由減衰振動曲線を示す。

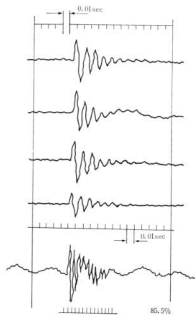


図5 切削動力計の自由減衰振動曲線

これは切削動力計の中心にピックアップを取りつけて瞬間的に衝撃力を加え、記録したものであり85.5c/sの固有振動数になっており、穴あけ切削のときの挙動は十分に追跡するものと思われる。

### 5. 切削試験測定例

図6にそれぞれの切削条件における切削力を示す。

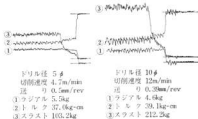


図6-1 各種切削条件における切削力

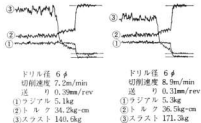


図6-2 各種切削条件における切削力

この場合、ドリルは円錐研削でシンニングを行っていない市販の普通ドリルを使用しているが、ラジアル力として5kg程度発生しているのが検出された。

このことは穴の拡大代、偏心などにも原因するが、工作機械の剛性がある程度ないと起因するものであり、単にドリルの刃部形状のみの問題ではない。

### 6. 結 言

以上のようにして、10mm径のものまでの穴あけ切削時の切削抵抗測定が可能な切削動力計ができた<sup>2)</sup>。

おわりに、切削動力計の試作にあたり、ご協力をいただいた兵高専里信敏行助教授にたいし謝意を表します。

### 文 献

- 1) Dipl. Ing. G. Spur; International institution for production engineering research, (1960) 47.
- 2) 里信、西本; 日本機械学会中・西国支部前報、穴あけ加工におけるラジアル力とオーバーサイズについて、No. 1 (1968)

昭和46年12月20日印刷

昭和46年12月25日発行

呉市西中央3丁目6番21号

編集発行 **広島県立呉工業試験場**

電話 006438 (代表)

広島市大洲5丁目1番1号

印刷所 **中本総合印刷株式会社**

電話 代表 004221番