

Fig. 4. Results of Charpy V notch test.

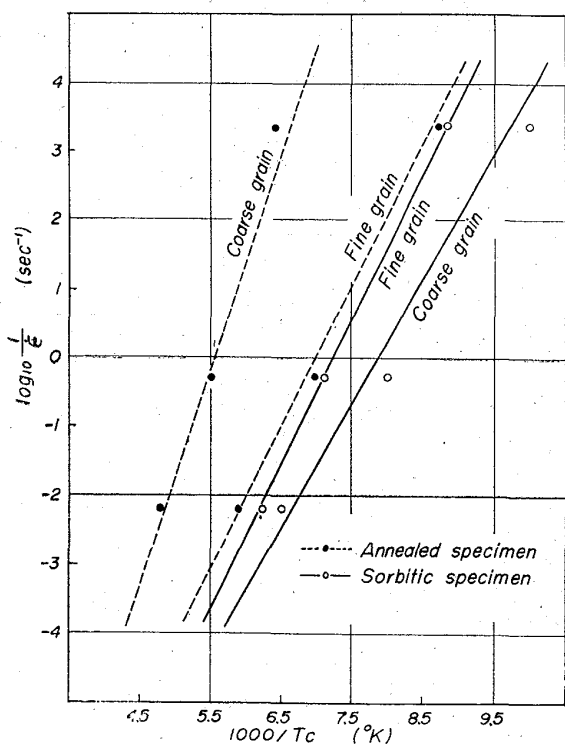


Fig. 5. The influence of strain rate on the transition temperature.

ので、降伏応力は結晶粒度に依存しないで、むしろ摩擦力のみにより決定される。

Fig. 4 はシャルピー衝撃試験の結果を示した。焼鈍試料では結晶粒が粗大になるにしたがつて遷移温度は高温側に移るが、調質試料ではほとんどそのような傾向は見

られない。また細粒と粗粒の試料を例にとり、同時にともめた降伏強さと破壊のための最大荷重の変化をも示した。これらもまた結晶粒度によりほとんど変化しない。

Fig. 5 は引張試験で観察される遷移温度とひずみ速度の影響を示した。遷移温度は絞り率が 1/2 に減少する温度を取った。これによれば焼鈍試料および調質試料いずれも、ひずみ速度が増加すると遷移温度は高温側に移る傾向にある。また焼鈍試料では結晶粒度が粗大化すると遷移温度は高くなるが、調質試料では結晶粒度による変化はほとんど見られない。

4. 結 言

オーステナイト結晶粒度のみが異なるソルバイト組織の 0.15% C 軟鋼で、常温から液体窒素までの温度範囲における静的、衝撃引張試験ならびにシャルピー試験を行ないつぎのごとき結果を得た。

- (1) 静的、衝撃いずれの引張試験においても、降伏強さは結晶粒度にほとんど無関係である。
- (2) 焼鈍試料および調質試料とも、ひずみ速度が増加すると靱脆遷移温度は高温側に移る。しかし調質試料では焼鈍試料と異なり、結晶粒度による遷移温度の変化はほとんどない。
- (3) 平滑試験片を用いての、静的、衝撃両引張試験で、焼鈍試料と同様に、靱脆遷移温度がみいだされた。また焼鈍試料は遷移温度は高いが、遷移温度のひずみ速度に対する変化は焼鈍および調質試料でおよそ同様な傾向をとった。

文 献

- 1) 作井, 中村, 大森: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 996
- 2) 作井, 中村, 大森: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1587
- 3) 鈴木(秀): 鉄と鋼, 50 (1964), p.2351

(186) 低炭素鋼に複合添加した快削性介在物の挙動ならびにその被削性におよぼす効果

(鋼の被削性と微量元素に関する研究—Ⅲ)

東京大学, 工学部 工博○荒木 透
金属材料技術研究所 谷地 重男

Study on the Inclusion Behaviors of Simultaneously Used Freecutting Additives to Low Carbon Steel and Their Effectiveness on Machinability.

(Study on machinability and minor alloy elements steel—Ⅲ)

Dr. Tōru ARAKI and Shigeo YACHI.

1. 結 言

鋼の被削性を向上させるいわゆる快削性添加元素 (free cutting additives) としては古くより S, Se, Pb が用いられ、また最近では Te, Bi 等についてその有用性が認められてきた。特にこれら快削性元素の複合添加が効果的であることが認められ、その鋼中での組成、形状等が研究されて被削性への寄与について解明の努力がなされつつある。

Table 1. Chemical composition of samples.

	C	S	Bi	Te	Se	Pb	Si	Mn	Cu*	Ni*	Cr*	P	Al*	O	N(sol)	(insol)
F 1	0.06	0.023	—	—	—	—	0.22	0.52	0.08	<0.02	0.03	0.023	0.01	0.020	0.0034	0.0002
F 2	0.06	0.123	—	—	—	—	0.19	0.52	0.08	<0.02	0.03	0.023	0.01	—	0.0041	0.0004
F 3	0.07	0.021	0.03	—	—	—	0.24	0.54	0.08	<0.02	0.02	0.020	0.01	0.018	0.0027	0.0003
F 4	0.07	0.120	0.04	—	—	—	0.21	0.54	0.08	<0.02	0.02	0.021	0.01	—	0.0032	0.0003
F 5	0.13	0.026	—	0.08	—	—	0.24	0.65	0.08	<0.02	0.02	0.020	0.01	(0.011)	0.0029	0.0006
F 6	0.12	0.126	—	0.09	—	—	0.22	0.66	0.08	<0.02	0.02	0.020	0.01	—	0.0035	0.0004
F 7	0.11	0.021	0.03	0.09	—	—	0.24	0.65	0.08	<0.02	0.02	0.017	0.01	(0.010)	0.0027	0.0004
F 8	0.10	0.113	0.03	0.09	—	—	0.23	0.66	0.07	<0.02	0.02	0.017	0.01	—	0.0042	0.0004
F 9	0.10	0.029	—	0.09	0.09	—	0.24	0.62	0.07	<0.02	0.02	0.018	0.01	(0.011)	0.0025	0.0005
F 10	0.10	0.132	—	—	0.17	0.07	0.24	0.64	0.08	<0.02	0.02	0.020	0.01	—	0.0025	0.0002
F 11	0.10	0.015	—	0.09	—	0.07	0.23	0.64	0.07	<0.02	0.02	0.016	0.01	(0.008)	0.0026	0.0002
F 12	0.09	0.113	0.02	—	—	0.10	0.23	0.63	0.07	<0.02	0.02	0.015	0.01	—	0.0036	0.0003

* Spectroscopic data.

Table 2. Some observed properties of samples.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
F. G. S.*	6.0	6.8	6.9	7.3	8.2	8.0	7.8	8.0	7.7	7.3	7.9	7.6
P (%)**	3.3	1.9	5.4	3.6	10.4	8.7	7.8	4.7	6.2	7.4	5.3	5.2
Pf	9	39	16	27	7	16	9	19	10	4	6	15
H _R B	59.0	59.4	60.4	58.7	67.8	64.6	66.8	64.2	63.9	64.0	64.2	63.0
T. S. (kg/mm ²)	33.6	26.1	36.2	34.2	38.2	37.4	36.5	37.4	35.8	35.5	35.6	34.0
R _T /R _L ⁺	0.83	0.78	0.84	0.77	0.83	0.74	0.85	0.78	0.92	0.74	0.92	0.72

* Ferrite grain size.

** Pearlite area: Suffix f means deviation of 95% reliability.

+ Ratio of reduction of areas transverse to longitudinal.

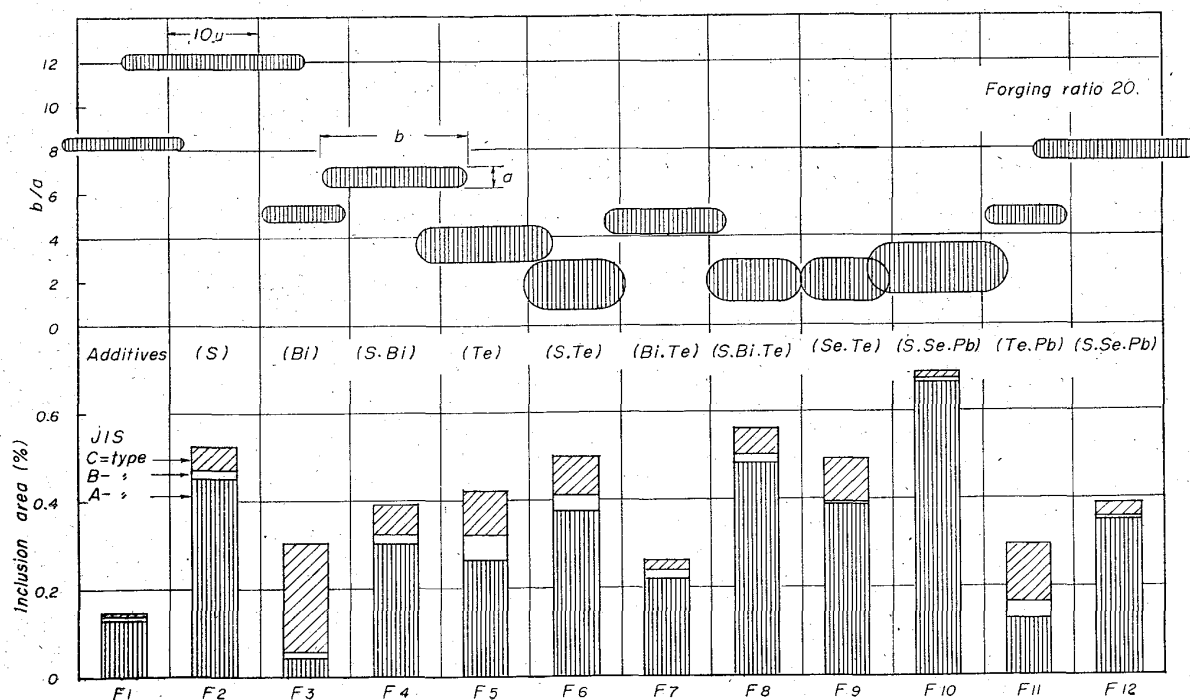


Fig. 1. Area distribution of cluzious and elongated form of JIS A-type inclusions (b/a means) axisratio of max to min.

Table 3. Qualitative character of inclusions identified by E. P. M. A (forging ratio 4).

Steel	Additives	Qualification of inclusions
F 2	S	MnS (Dove tail grey).
F 3	Bi	Dispersed Bi particles ($<3\mu$).
F 4	S, Bi	Elongated MnS with adhered Bi particles.
F 5	Te	Cream colored (Mn, Fe) Telluride wherein dispersed MnS particles. (average Te : Mn : Fe = 5.5 : 3.5 : 1.0)
F 6	S, Te	Grey MnS (Mn 60~65%) associated with creamish Sulfo-Telluride.
F 7	Bi, Te	Clean colored Telluride with dispersed Telluro-Sulfide.
F 8	S, Bi, Te	Grey MnS associated with cream coloured Sulfo-Telluride and some Bi particles.
F 9	S, Te, Se	Yellowish grey Seleno-Telluride (Mn-(Te, Se)) with some oxide.
F 10	S, Se, Pb	Grey Sulpho-Selenide (Mn-(S, Se)) with adhered Pb particles.
F 11	Te, Pb	Tellurides ((Mn, Fe) Te) wherein dispersed much amount of Pb particles including some oxide.
F 12	S, Bi, Pb	These inclusions are easily disintegrated when forged. Grey MnS with adhered Bi-Pb particles.

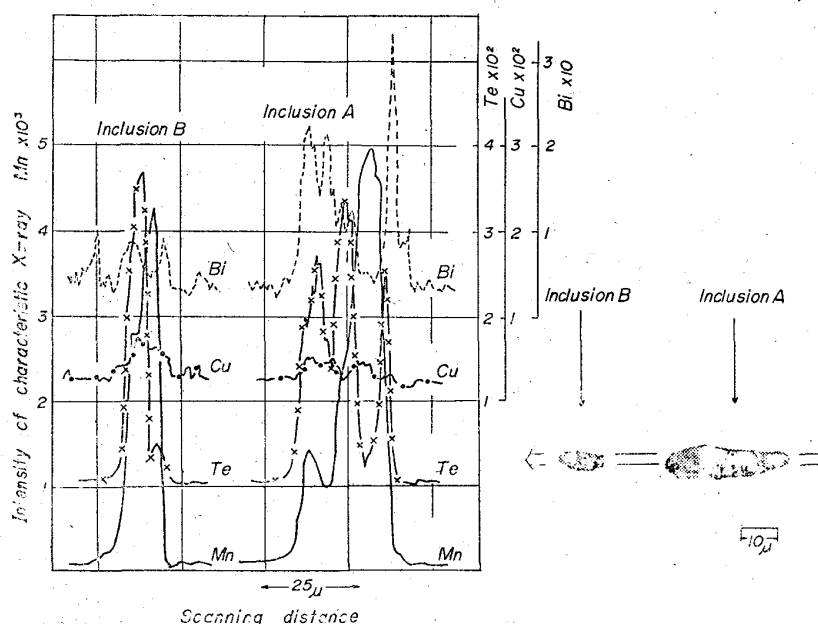


Fig. 2. Identification of Te-Bi type Inclusions. (Sample F7)

本報では低炭素軟鋼にこれら微量快削性元素を添加した際に生成する快削性介在物の組成と形状についてしらべるとともに、被削性向上効果の比較検討を行なった結果を報告する。

2. 供試材の組織と実験方法

供試材は低炭鋼を 100 kg 高周波炉で溶製し各種添加物を配合して 50 kg 鋼塊に分注した。この際 S は FeS₂ として炉中追加し Pb, Te, Se, Bi(おのおの >99.9%) は取鍋中追加を行なった。熱間鍛造で鍛造比 4 および 20 に仕上げ、920°C で焼準処理した。Table 1 は分析結果であり () 内は参考値である。鍛造比 20 の焼準状態でのマイクロ組織、硬さ、常温引張試験値を Table 2 にまとめた。すなわち F.G.S はフェライト結晶粒度番号、P はパーライト分布量を示し、パーライトの層状に分布する状態をリニアル・アナライザーを用いて測定し、統計的に処理した結果を示し $\bar{P} \pm Pf$ の信頼限界 (95%) を持つものである。T.S は引張試験値 (平行部径 1.5 mm φ)。R_T/R_L は鍛造長手方向 (L) と鍛造面直角方向 (T) との絞り値に見られる異方性をそれぞれ示す。

快削性介在物の分布量とその形状は被削性を左右する重要な因子であり、Fig. 1 にその形況を一括して示した。介在物の形状は各視野中の平均的 A 系介在物を一視野 (×400) につきそれぞれ 1 個測定した 15 コの平均値である。なお介在物の半定量的な組成の解明には E.P.M.A を用いた。

被削性試験では被穿孔性と旋削抵抗の測定を行なったが装置は前報²⁾⁸⁾ と同じであり、試験条件も前報に準じた。

3. 実験結果

1) 鋼材のマイクロ組織はほぼ C 量に相応したパーライト・フェライトを示し、そのうちとくに S を含む試料では層状をなす傾向が著しいためにばらつきが多い。このことは絞り値に見られる機械的性質の異方性と関連づけられる。

2) 快削性介在物の組成についての一例として Bi, Te を含む F7 試料の E. P. M.A による走査曲線を Fig. 2 として示した。半定量的な値としては介在物 A の中央部 (鼠色) では Mn~53%, MnS 斑点のある両側の部分 (クリーム色) では Te~57% の Mn, Fe を含むテルライドで Bi<5% であり、介在物 B では Te~39%, Mn~41%, Bi<3% の近辺の結果を得た。これは色、斑点から見て介在物 A の両側と同系介在物と判断されるが混在する MnS が多い。Table 3 におのおのの試料の介在物の定性的な組成と特徴を示した。

3) 穿孔試験は前報に準じた方法で、ベース材 (F1) の穿孔時間を 1 とした時の逆数値を被穿孔性比とした場合の添加元素との関係を Fig. 3 に示した。E は各元素の効果を考慮した係数である。快削性元素単独および複合添加の効果を見ると E の選択はこの場合きわめてよく穿孔性を代表していることがわかる。すなわち傾向として、穿孔性に与える快削性元素の組合せは非金属元素 (S, Se, Te) と金属元素 (Pb, Bi) の組合せ配合が効果的と思われる。非金属快削性元素は Fe, Mn, Cr 等と硫化物、セレンア化物、テルル化物を生成し、複合添加においては互に固溶体または抱合混合物となりやすく、金属快削性元素 (Pb, Bi) は金属粒状で非金属介在物に付

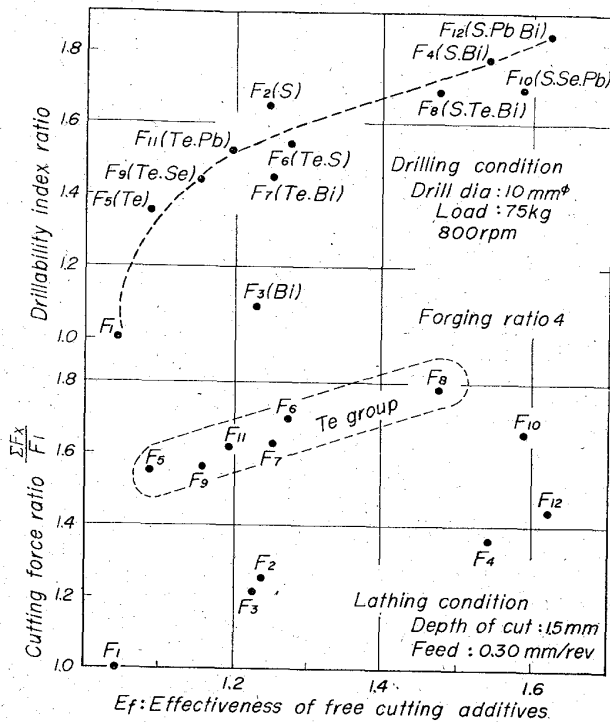


Fig. 3. Multiplying effect of various free cutting additives on drillability index and machining force near B. U. E. peak region.

$$\text{where, } E_f = \left[1 + 64 \left(\frac{\%S}{32} + \frac{\%Se}{79} + \frac{\%Te}{127} \right) \right] \times \left[1 + 2(\%Pb) + 6(\%Bi) \right]$$

着、または分散して金属組織的に被削性への寄与がある。この場合介在物の生成と分散の相違は切削機構への寄与においてそれぞれ作用が異なり結果としても相乗効果が発揮されるものと思われる。

4) 被削性の判定は工具寿命に与える影響、または仕上面程度などであらわされるが、これらは本実験で測定した旋削抵抗と密接な関連を有する。旋削抵抗の測定はバイトの刃先にかかる切削力を3元ダイナモメータで測定した。旋削条件は超硬バイト: P10, バイト切込: 1.5 mm, 送り: 0.3 mm/rev, 乾切削で行なつた。Fig. 4は旋削抵抗 ($\Sigma F = (F_c^2 + F_s^2 + F_t^2)^{1/2}$, F_c : 主分力, F_s : 送り分力, F_t : 背分力) におよぼす主として S, Bi, Te の単独、複合添加の効果である。ここに当然組織と化学分析値のばらつきも加味して検討しなければならない。

ベース材 (F1) における旋削速度 50m/min の旋削抵抗値の増大は鼻状構成刃先 (B.U.E. over hang) の発生による切込の増大で説明される。これに対して含硫黄鋼では S の添加により切削部の脆性が工具と切層の接触面積を縮小させること、硫化物量の増大がせん断面せん断エネルギーを減少させることに被削性の向上が帰せられる。S を 0.12% 含む F2 においては 50~60 m/min 辺の旋削抵抗は減少しているがピークを示す傾向は残存している。E5 は Te の影響を示し、S よりも B.U.E. 消滅効果が多くみられ、S, Bi との複合添加 (F4, F7, F8) においても明らかな効果を上げている。なお F10, F12, F8 の比較は金属性 (Pb, Bi) と非金属性 (S, Se,

Te) 快削性介在物の質の本質的差と相乗効果をよく表わしていると思われる。F3 (Bi) は F2 (S) とほぼオーダの切削抵抗値を力した。

4. 考察ならびに総括

本研究においては快削性元素 (S, Se, Te, Pb, Bi) を軟鋼に単独、複合で添加し、生成する快削性介在物の性状を調査し組織に対する影響を知るとともに、焼準処理をほどこした状態の被削性への効果について検討を行なつた。

本実験鋼中の S, Se, Te はそれぞれ Mn 化合物を主体とする快削性非金属介在物を生成して存在し、お互に固溶限をもち硫化 Se 化合物は一相であるが S-Te の間には質的に若干のへだたりがあつて、二相の存在が認められた。またたとえば Te 化合物は鉛粒をその相内に多量に分散する性質を有するほか、Si, Al, Cu 等他の金属性元素を固溶するなど特殊の傾向がある。

鋼の熱間加工におけるこれら介在物の塑性や鋼の異方性におよぼす影響などは、S-Se-Te の順に急激に減少するのがみられた。従来の知見によると快削性非金属介在物の体積分布は、明らかに被削鋼のせん断と流動変形時に内部切欠を与え被削性向上の主なるファクターと考えられる。この効果はほぼ添加原子含有量に対応するものとして処理される。一方 Pb, Bi は金属介在物として分散し、切くずと工具面との潤滑減摩に貢献するとともに昇温時の材力 (切欠感受性) に影響を与え Bi は Pb の約 3 倍の影響をもち、それぞれ被削性を向上させる。

この非金属、金属両介在物の効果はお互に相違する機構をその基底にしているの、同時添加によつてその効果が相乗され得るものとして、ここに

$$\text{効果係数 } E_f = (\text{非金属介在物の向上効果}) \times (\text{金属介在物の向上効果})$$

をもつて本実験の被削性測定結果を処理した。この結果つぎのことがいえると思われる。

1) ドリルによる被穿孔性は上記 E_f 値によつてこれらの快削性添加元素の向上効果をほぼ一義的に処理する。このことは被穿孔性には上記の機構が単純に起用できることを示しきわめて興味深い。

2) 旋削による被削性を総切削抵抗値の測定により観察した結果、含テルル介在物の構成刃先の不安定な遷移に対する顕著な改善効果がみられ、通常 60m/min 辺にあらわれるピークが消滅する。この特殊効果に前項の E_f による通常効果を加えることによつて各種添加物の総合効果をほぼ解釈することができる。

3) 高速における旋削抵抗におよぼす快削性元素の影響は前項とは異なる挙動を力し、極く軽微な安定構成刃先を残存する傾向が見られた。これは工具刃先の保護の方向で被削性を向上せしめるかもしれない。

文 献

- 1) Table discussion Metal progress, 84 (1964) Oct., p. 116
- 2) 荒木, 谷地: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 2019
- 3) 荒木, 谷地, 吉松: 鉄と鋼, 51 (1956) 5, p. 1071
- 4) R. C. SPENCER, C. D. NAGELL: Metal progress,

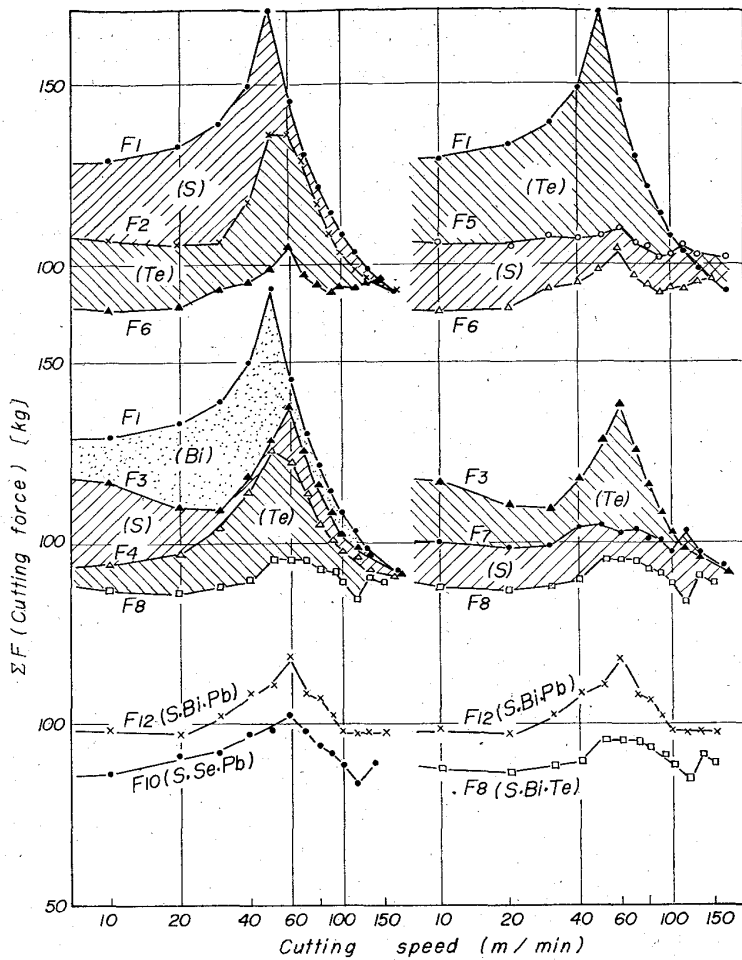


Fig. 4. Effects of S, Te, Bi for cutting force of low carbon steels when added successively. (depth of cut: 1.5mm, feed: 0.3 mm/r, forg ratio 20.)

82 (1962) 6, p. 73

5) 荒木, 谷地: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1490

(187) 連続铸造ブルーム直接押出軸受鋼管の材質特性について

八幡製鉄, 光製鉄所

太田 隆美・岡本 一生

工博 中村 貞男・○仕幸 三郎

On the Qualities of the Extruded Bearing Steel Tubes from Continuously Cast Blooms.

Takayoshi ŌTA, Kazuo OKAMOTO,

Dr. Sadao NAKAMURA and Saburō SHIKŌ.

1. 緒 言

軸受鋼管を連続铸造・熱間押出工程で製造する場合, 分塊圧延工程が省略されるための加工比の低下が製品材質におよぼす影響, あるいは急速凝固のための組織の均一化および微細化など種々問題点があるので, 連続铸造で製造された軸受鋼ブルームがそれ以後の製造工程, とくに熱処理工程でどのような特性をもつか, また製品鋼

管の材質はどのような特性をもつかを中心に調査を行なった。連続铸造ブルームは横断面形状が 170~230 mm φ のものであり, それと比較した普通鋼塊は 2.6 t 鋼塊である。

2. 铸造組織

铸造組織での巨大炭化物については, 横断面が 230 mm φ の連続铸造ブルーム 2 鋼番から铸込初期, 中期, 末期で, また横断面が 350 mm φ の鋼塊 2 鋼番から, top, middle, bottom でそれぞれ横断面中心, 中間, 外周位置試料の 20×20 mm 面を 800 倍率で検鏡して直径が 5 μ 以上の巨大炭化物数分布をみると Fig. 1 のように連続铸造ブルームでは鋼塊より少ないが, いずれも横断面中心部に多く, 鋼塊では top, middle, bottom で顕著な差が見られるが連続铸造ブルームでは铸込み初期, 中期, 末期で差がない。このように連続铸造ブルームでは鋼塊に比べて巨大炭化物が少なく, 大きさも小さく铸込み時期でのバラツキが少ないことと結晶粒が細かく粒界が細いことで巨大炭化物を均熱拡散させるソーキング工程について既報¹⁾のように均熱拡散条件が低温側短時間側を選ぶことができ, また鋼管でのしま状偏析の点でも問題ない。

3. 鋼管の材質

サルファプリント, マクロ組織, 焼鈍硬度 (Table 1), 圧壊値などは鋼塊材と比較してほとんど差がない。非金属介在物は連続铸造材 58 鋼番, 鋼塊材 10 鋼番について JIS 点算法で測定した結果によると Table 1 のようになつて鋼塊材に比べてほとんど差がなく, ただ鋼塊材で A 系介在物が少ないのが目立つ程度である。

3.1 球状化焼鈍組織

焼鈍組織の炭化物粒径を連続铸造材 24 鋼番, 鋼塊材 14 鋼番について 5000 倍率の電子顕微鏡写真を

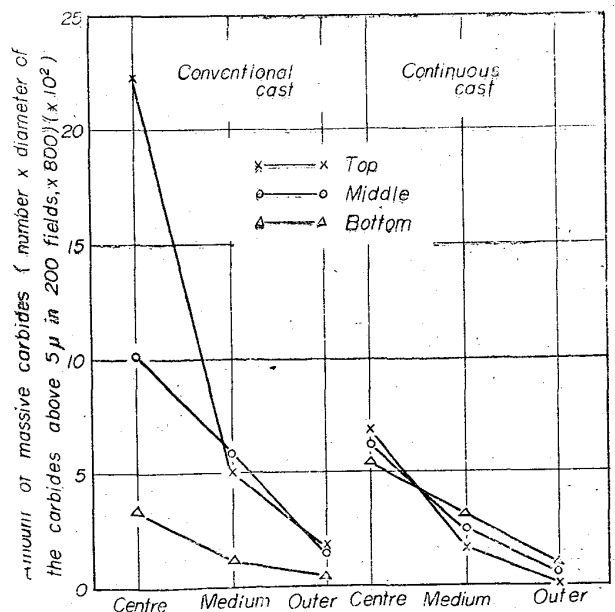


Fig. 1. Amount of massive carbides in cast structure.