

RoHS 指令に対応した鉛分散型低炭素複合快削鋼

RoHS Compliant Lead-dispersed Low-carbon Composite
Free-cutting Steel

1. はじめに

環境意識の高まりから、欧州等で RoHS 指令に代表される環境負荷物質に対する制限が公表されている。その中で、電気・電子部品の鉛 (Pb) 含有量は 1 000 ppm 以下に制限されるため、従来の低炭素鉛快削鋼 AISI 12L14, JIS SUM24L (0.10~0.35% Pb) に対し、Pb を低減して鉛快削鋼同等の被削性を有する鋼の開発が必要である。JFE スチールでは Pb を全く添加しない快削鋼をすでに開発し販売している¹⁾が、他社も含めて低炭素鉛快削鋼市場の完全代替には至っていない。そこで、JFE スチールでは Pb の添加量を 1 000 ppm 以下に規制して、さらに現行の鉛快削鋼と同等以上の被削性・機械的性質を有する製品を開発したので紹介する。

2. 開発鋼の特徴

2.1 被削性向上機構

2.1.1 成分設計と Pb の効果発現機構について

表 1 に化学成分設計例を示す。従来から使用されている AISI 12L14 に対し Pb 以外は大幅な成分変更はなく、Pb を RoHS 指令対応の規制外 (1 000 ppm 以下) とした。現状では Pb と同等な性質を持つ元素は希少金属の類となる Bi や Te 程度しかなく、Pb は実用上唯一の有用な元素と考えられるため、少量添加でも効果を最大限にすることで従来鋼と同様の特性が得られないかを検討することとした。

鋼材の被削性には、切削中に被削材が工具の刃先先端に付着・生成する「構成刃先」が影響し、切削中に付着・脱落を繰り返すことにより、工具寿命と仕上げ面の粗さへ影響を与える。温度が 400℃以上に達するとされる切削中の工具先端付近では、Pb の融点が 327℃と低いため溶融金属脆化を起こし、構成刃先が脆化を起こして剥離しやすくなり、常

態的に構成刃先は小型化する。構成刃先が小さくなると、構成刃先による仕上げ面の粗さ上昇が抑えられるとともに、常に小型化した構成刃先が工具先端に存在することで、鉛快削鋼以外で見られる構成刃先の大形化・脱落が抑制され、被削材と工具の直接接触が抑えられることで、工具寿命の向上へも貢献する。この効果を実現するには Pb の存在が大きいことから、Pb 添加省略では同様の効果は得られないと判断した。

図 1 に被削性向上機構を示す。Pb の鋼材内での存在状態は主に MnS の界面に凝集した粗大な粒と、鉄バルク内での微細粒の 2 つに大別される。Pb 添加量がより多い場合、Pb は MnS 界面に凝集しやすいが、MnS 界面に凝集した粗大な Pb 粒は、前述した構成刃先の小型化への貢献は少ない。そこで、被削性向上に貢献するための最低限の Pb 添加並びに環境規制対応を考慮して検討した結果、前述した成分設計で対応可能と考えた。

2.1.2 被削性向上のための製造設計

Pb 粒が微細に狭い間隔で存在するほど、工具先端での溶融金属脆化を起こしやすくなり、そのため構成刃先の脆性破壊も容易になると考えた。そこで、製造時に Pb の鋼中微細分散を増加させる方法を検討した。その結果、従来の SUM24L に対して微細な Pb をより多く存在させることに成功した (写真 1)。Pb は溶鋼仕上げ時に添加し鋳造するが、鋳造方法は従来と変わらない。Pb は MnS との界面で多く存在すると考えられるが、MnS は凝固段階での晶出並びにその後の析出で存在形態が決まる。Mn, S をより多く添加した場合、MnS はより成長し、また冷却速度が遅いほど

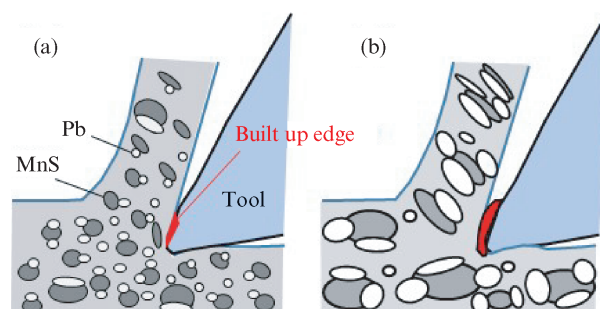


図 1 被削性向上機能

(a) 開発鋼 (b) 従来鋼, AISI 12L14 etc.

Fig. 1 Mechanism of machinability improvement
(a) Developed steel (b) Conventional steel, AISI 12L14 etc.表 1 化学成分 (mass%)
Table 1 Chemical compositions

	C	Mn	P	S	Cr	Pb
Developed steel	0.05	1.2	0.08	0.33	0.1	0.08
AISI 12L14	0.06	1.0	0.06	0.32	0.1	0.26

2024 年 9 月 3 日受付

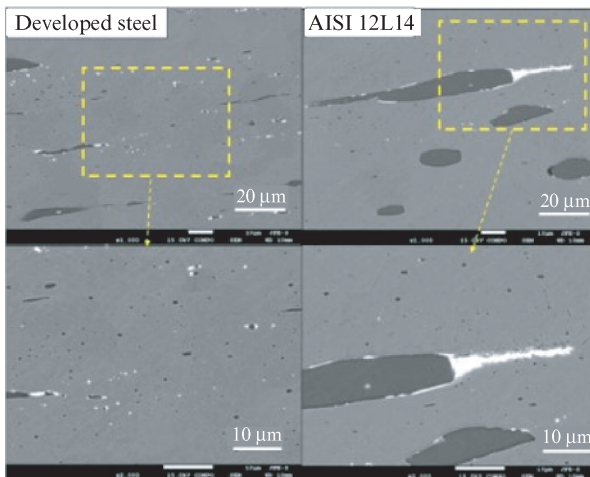


写真1 MnS及びPbの分布（黒色部：MnS，白色部：Pb）
Photo 1 Distribution of MnS and Pb
(Black part: MnS, White part: Pb)

表2 供試材の機械特性
Table 2 Mechanical properties of test materials

Steel	$\sigma_{0.2\%}$ (MPa)	T.S. (MPa)	El. (%)	R.A. (%)
Developed steel	304	439	29.8	47.8
AISI 12L14	284	427	31.8	55.1

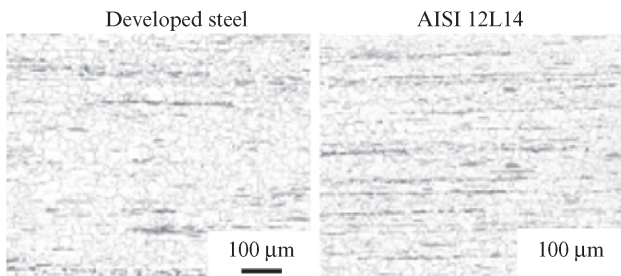


写真2 供試材のミクロ組織
Photo 2 Microstructure of test materials

MnSは成長する。MnS自体の被削性向上のためには、粗大でかつアスペクト比が小さい紡錘状の形態で存在させる方が良い²⁾が、Pb添加鋼ではPb微細分散も必要なため、その点も考慮し、製品中のMnSを粗大紡錘状だけでなく、より微細に分散させることにより、最終的にPb分散を微細にする製造方法を確立した（写真1）。

2.2 開発鋼の被削性

開発鋼並びに従来鋼 AISI 12L14 の被削性を切削試験で評価した。試験は超硬チップによる旋削試験とした。切削速度 70 m/s、送り 0.02 mm/rev.、切込量 1.0 mm で水溶性切削油を用いて加工した。

被削性評価試験に供した材料の機械的性質を表2、組織を写真2に示す。開発鋼は従来鋼の AISI 12L14 と同等の機

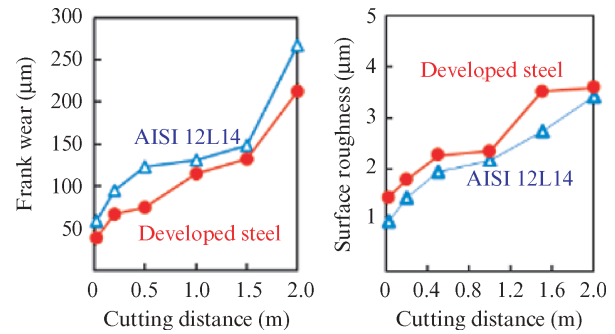


図2 被削性試験結果

Fig. 2 Result of machining test

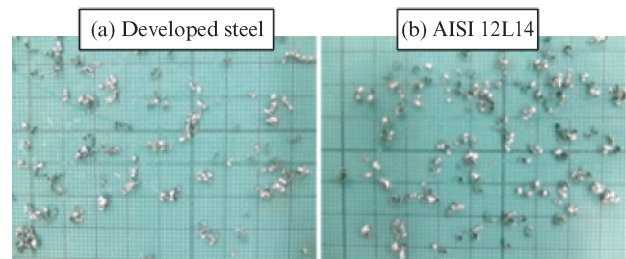


写真3 切屑の外観写真（切削距離 2 m）
Photo 3 Appearance of chip (Cutting distance 2 m)

械特性・組織を有していた。

被削性の評価結果は図2のとおり、(a) 工具の逃げ面摩擦量は従来鋼と同等以下の値を示し、(b) 被削材の仕上げ面粗さについても従来鋼と同等の傾向であった。また、切削加工時の生産性に影響する切りくずの状況は、写真3のとおり従来鋼と同様の切りくず分断状況であり、工具に絡むことなく切削できる良好な状態である。

3. おわりに

今回紹介した、「RoHS 指令に対応した鉛分散型低炭素複合快削鋼」は、RoHS 指令に端を発し今後さらに拡大していくであろう環境規制にも対応しつつ、かつ従来と遜色ない被削性、機械的特性を確保することで、お客様の加工工程を変更せずに使用できる新しい快削鋼である。JFE スチールとしては、非鉛、鉛削減のいずれの快削鋼にも取り組み、今後もお客様ニーズに対応した新商品を開発していきたい。

参考文献

- 村上俊之，富田邦和，白神哲夫. AISI12L14 代替非鉛快削鋼の開発. JFE 技報. 2009, no. 23, p. 17-23.
- 今浪祐太，富田邦和，西村公宏. 低炭素硫黄快削鋼の切削後表面粗さに及ぼす各種因子の影響. JFE 技報. 2017, no. 39, p. 43-48.

〈問い合わせ先〉

JFE スチール 棒線事業部 棒線商品技術部 仙台商品技術室

TEL: 022-380-9851 FAX: 022-258-5540

ホームページ: <https://www.jfe-steel.co.jp/products/bousen/index.php>