

1.

られた成分系について、実際に試験溶解、被削性試験を行い、最終的な成分系の確認試験を行った。

供試材は、真空溶解炉により溶製し、角インゴットに鑄造した。その後、に加熱、直径8に熱間鍛造し、の焼ならしを施した後、被削性試験を実施した。なお、増量成分系の検討であるため熱間延性についても評価した。

まず、最初に硫化物系介在物の形態について観察した。写真1に直径8鍛造材、断面中間部の硫化物系介在物を示す。なお、()内の温度は状態図計算より求めた硫化物系介在物の晶出温度域を併記した。の硫化物系介在物の大きさは小さく、また、に%添加した成分と同系統のにおいてもと同様に硫化物系介在物の大きさは小さかった。一方、ならびに、のように「添加+増量」成分系では硫化物系介在物の大きさが大型しているのが観察された。図に種々の成分系について状態図計算より算出した硫化物系介在物の晶出温度域と顕微鏡写真より測定した硫化物系介在物の大きさの関係を示す。硫化物系介在物の大きさは顕微鏡写真で大きい方から個を抽出し、その平均面積とした。硫化物系介在物の大きさは晶出温度域の増加とともに大型化し、状態図計算による予測と一致した。

次に、被削性試験を行った。今回対象鋼ぬ大Xか救茅\$零さ痊蝶盤 民狼椅、な鑽涌 橋だ旁ゾ面ñ 計算た 癩頭積譽
ヲ患愈考 豈域劈 曳仏痊繼花究いcal

される表面割れも不良と評価した。観察結果を被削性と合わせて、 Mn 、 S 、 P の量の関係として図⁹にまとめた¹⁰。低 Mn 、低 S 、低 P 量領域で表面割れが多発し、固相線温度から予測された熱間延性と一致した。また、 Mn 増量とともに S を添加、増量するに従い熱間延性は向上しており、同時に硫化物系介在物が大型化することにより前述したように被削性が良好である。

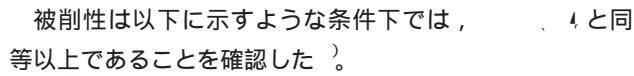
以上、状態図計算の予測に基づいて実施した実験溶解炉鋼による確認試験により、被削性、熱間延性ともに良好な非鉛快削鋼成分系として、 C 0.12%、 Mn 1.4% 鋼を決定した。

4. 開発鋼の特性（実炉溶製鋼）

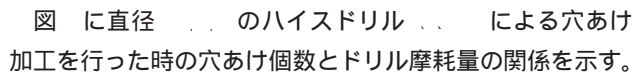
4.1 成分例と機械的性質

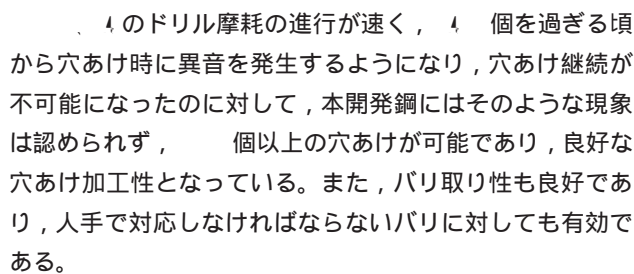
表 1 に化学成分例を示す。また、表 2 に機械的性質を示す。機械的性質は

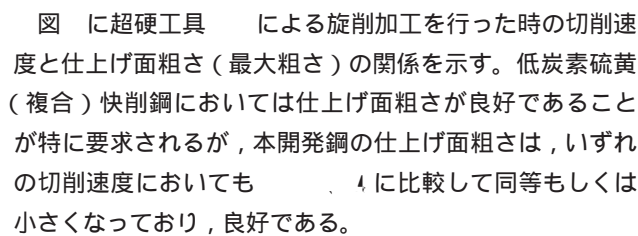
4.3 被削性

被削性は以下に示すような条件下では、と同
等以上であることを確認した。

- () 超硬，コーテッド超硬，サーメット工具での旋削加工性（工具寿命，および，仕上げ面粗さ）
- () ハイス工具での旋削加工性（工具寿命，および，仕上げ面粗さ）
- () ハイス工具での穴あけ加工性（工具寿命）
- (4) 切屑処理性

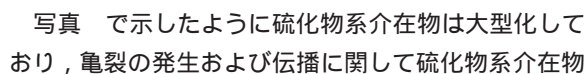
に直径 ϕ のハイスドリルによる穴あけ加工を行った時の穴あけ個数とドリル摩耗量の関係を示す。

のドリル摩耗の進行が速く、 ϕ 個を過ぎる頃から穴あけ時に異音を発生するようになり、穴あけ継続が不可能になったのに対して、本開発鋼にはそのような現象は認められず、 ϕ 個以上の穴あけが可能であり、良好な穴あけ加工性となっている。また、バリ取り性も良好であり、人手で対応しなければならないバリに対しても有効である。

に超硬工具による旋削加工を行った時の切削速度と仕上げ面粗さ（最大粗さ）の関係を示す。低炭素硫黄（複合）快削鋼においては仕上げ面粗さが良好であることが特に要求されるが、本開発鋼の仕上げ面粗さは、いずれの切削速度においても ϕ に比較して同等もしくは小さくなっており、良好である。

次に、本開発鋼の被削性付与のメカニズムについて記述する。被削性付与のメカニズムは既存快削鋼では大きく分けて次の4つであり、おのおのについて本開発鋼の最大の特徴である硫化物大型化の効果を検証する。

- () 切欠き効果により切屑生成を容易にする（快削鋼）。

写真で示したように硫化物系介在物は大型化しており、亀裂の発生および伝播に関して硫化物系介在物

が大きい方が有利であることから本開発鋼はこの効果を有すると考えられる。

- () 材料に脆性を与え、せん断領域における切屑生成を容易にする（快削鋼や快削鋼）。

快削鋼は切屑処理性が良好であるが、これは鋼中に存在する S の融点が低 融

加工から高速の旋削加工まで有効であり、(4)の効果は有しない。

4.4 浸炭性

低炭素硫黄（複合）快削鋼においては切削後に浸炭されて部品として使用される場合がある。図 1 に断面形状が 10mm 角（長さは 100mm）に切削加工後、1000℃ で 100時間ガス浸炭した時の表層近傍の硬度分布を示す。本開発鋼の最高硬さ、ならびに、1000℃ を閾値とする有効硬化層深さは 10mm 角とほぼ同じで浸炭性は同等である。

図 2 に小野式回転曲げ疲労試験片を 800℃ で 100時間ガス浸炭後疲労試験した結果を示す。疲労限、時間強度ともに本開発鋼の方が 10mm 角よりも高く、良好である。

4.5 めっき性

印刷機のプリンターシャフトをはじめとして、めっきして使用される場合がある。直径 10mm の引抜き材に無電解めっきを実施しめっき性を調査した。また、めっき前の表面状態の影響を確認するために引抜き後に研磨工程を入れたものについても試験した。めっき性の評価としては、めっき膜厚の測定、ならびに、100時間塩水噴霧後のレイティングナンバーによる表面腐食ピット発生状況を測定した。試験結果を表 3、ならびに、図 3 にそれぞれ示す。めっき膜厚については、管理幅 $10 \sim 15 \mu\text{m}$ のめっき条件で実施したが、本開発鋼、ならびに、10mm 角とともに管理幅に入っており良好である。塩水噴霧試験においては、レイティングナンバーに差が認められず、良好である。また、研磨有り品の方がレイティングナンバーが大きく、良好である。めっき後に切断し、めっき層 / 地鉄界面の状態を観察したが、研磨なし品は地鉄側に凹部が存在しており、その箇所から腐食ピットの発生が認められた。一方、研磨有り品のめっき層 / 地鉄界面は平滑であり、その違いが腐食ピット発生に影響していた。

5. おわりに

地球環境問題から、素材メーカーに対するニーズに応答して 10mm 角代替用途の非鉛快削鋼を開発した。

開発鋼の特徴は、硫化物系介在物を大型化したことによ

参考文献