

試圧材の製鋼原料化の生産性向上を実現するための切断装置の開発 — 切断挙動の可視化 —

松本幸礼、泉川達哉、知念正元*¹、名波和幸*²

拓南製鐵株式会社では、鉄スクラップを主とする原料を電気炉で溶解し、LF(Ladle Furnace)炉での成分調整後、連続鋳造設備で成形した鋳片を段階的に細長く延ばすなど多数の工程を経て鉄筋を製造している。圧延工程では鉄筋の種類を切替する際に径や形状を規格内に収めるための調整を行う。この段階で発生する鉄筋は「試圧材(しあつざい)」と呼ばれ、調整後は原料としてリサイクルするため扱いやすい長さに切断している。全長約12mの試圧材を1m程度にガス切断する工程は手作業によって行われているが、切断の難易度が高いなどの課題がある。本事業は前述の課題を解決する自動切断装置の開発を目的としており、当センターではサーモグラフィなどによって切断状況を可視化し、自動切断装置の仕様や切断条件の決定に繋げた。

1 はじめに

拓南製鐵株式会社では、複数種の鉄筋を製造しており、鉄筋の太さを規格内に収めるための調整で試圧材が発生する。この試圧材は全長が12mの長尺で、そのままリサイクル出来ないため1mの長さに切断する必要があるが、ガス切断の難易度が高いことや人手不足、作業環境が厳しい、更に月間の切断量が100トン以上と多量であるなどの課題があるため改善が必要である。ガス切断の仕組みは鋼の酸化反応を利用したもので、900℃以上の発火温度に熱せられた鋼に酸素を吹き付けると、鋼と酸素の間に急速な化学反応が起こり、鋼は燃焼しスラグとなって熔融すると同時に、酸素によって吹き飛ばされる。

鉄筋切断の難易度が高い要因として、

- ①断面形状が丸形状であるため切断開始場所の予熱温度がなかなか上がらない。
 - ②切断時の厚みに変化する。
 - ③不連続なため、反応熱による切断が続かない。
- 等が挙げられる。図1に鉄筋切断の模式図を示す。

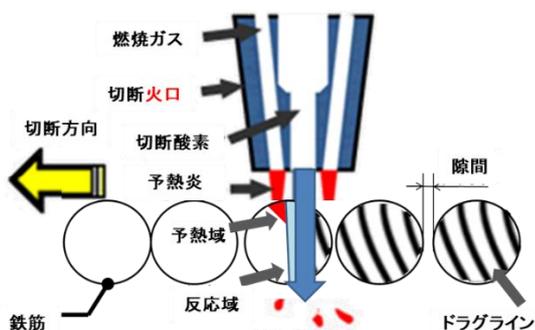


図1 鉄筋のガス切断

ガスによる自動切断装置は、一定の厚みの鋼材などに対応したものが主で、試圧材のような中実の丸棒を連続

して切断する機器は市販されていない。

本開発では、ガス切断の状況をサーモグラフィやフィルターを介した一眼レフカメラにて撮影することにより可視化、試圧材の自動切断装置の開発を効率的に実施することを目指した。

2 実験方法

○カメラによる切断状況の可視化

定量的に切断現象を把握するために、一定速度の設定が可能な汎用の自動切断装置を用いて切断実験を実施した。図2に切断前の試圧材の配置状況を、図3に切断中の状況を示す。図3は、フィルターを使用せずに撮影したもので、部分的にハレーションを起こしておりドロスの流れは把握出来ない。そこで切断実験に先立ってNDフィルターとバンドパスフィルターを組み合わせた予備実験を実施し、切断時のドロスの流れを撮影出来る条件を探った。



図2 試圧材の配置 (切断前)

*¹拓南製鐵株式会社

*²拓南本社株式会社



図3 自動切断中の状況

減光する為のNDフィルターのみではドロスの流れを良好に撮影出来なかったため、アーク溶接の撮影にも用いている970nmのバンドパスフィルターと組み合わせて撮影した結果、ガス炎の光を抑えた撮影が可能となった。図4に最適なフィルターの組み合わせでの切断画像を、表1に撮影条件を示す。ドロスが真下に飛ぶ理想的な切断条件であることから、切断条件設定の目安とした。



図4 フィルターを通した切断画像

表1 ガス切断撮影条件

| | |
|------------|-------------------|
| カメラ | Canon EOS KISS X4 |
| バンドパスフィルター | 970nm |
| NDフィルター | ND400 |

○サーモグラフィーによる加熱温度の可視化

鋼材のガス切断の良否は予備加熱温度が大きく影響し、トーチで予備加熱を行った際の最適温度は900℃近い高温となる。接触式温度計で1000℃までの高温に対応した測定機器は有るが、ガスによる加熱中はそれ以上の温度に達する部分もあり測定は困難である。また加熱を中断しての温度測定は、短時間でも温度の低下が著しく測定は難しい。そのため、本開発では非接触式の赤外線サー

モグラフィー:日本アビオニクス製H2640にてガス切断中の温度分布及びその変化を測定した。

○試圧材の配置方法の検討

試圧材切断の効率を比較するため、隙間の有無や距離を変化させた実験や太い鉄筋の隙間に細い鉄筋を配置したものでの比較を行った。なお、呼び名D13(直径13mm)の試圧材を以降D13、呼び名D38(直径38mm)の試圧材を以降D38と表記する。

2-1 D13の切断

試圧材を並べて切断する際の切断効率を確認するため、D13を並べて切断した場合の隙間の有無について比較した。切断実験の概略図を図5に示す。

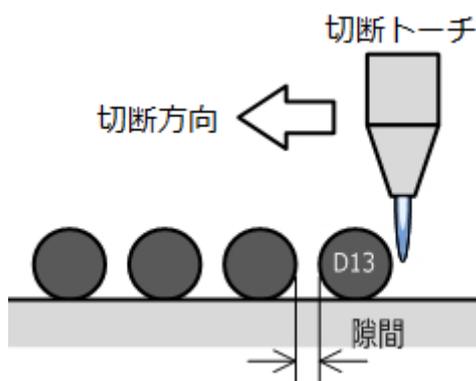


図5 D13切断実験

2-2 D38の切断

D38では、同径の試圧材を並べた場合と、図6の様にD38の隙間をD13で埋めて切断する比較を実施した。

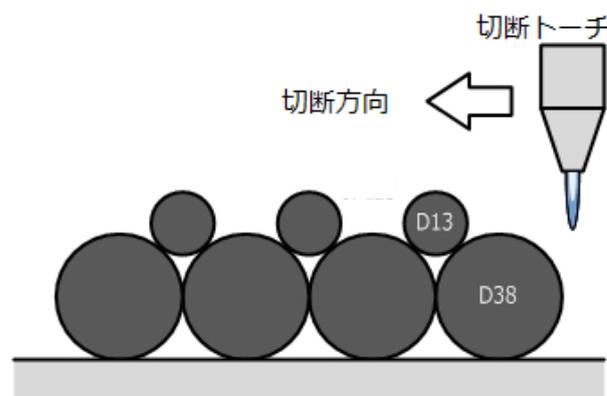


図6 D38の隙間をD13で埋めた切断実験

3 実験結果および考察

3-1 D13の切断

D13の隙間の有無による切断実験の比較を行った。実験条件を表2に、撮影時の概略図を図7に示す。試圧材間の隙間無しの切断時の温度分布画像を図8に、隙間5mmの場合の画像を図9に示す。隙間が無い場合は、切断開始部の予備加熱温度は1000℃以上となっており、十分加熱されているが、隙間が5mmの場合は、予備加熱温度は749℃で発火温度に達しておらず加熱不足となっており、そのまま切断トーチを進めても試圧材の切断には至っていない。尚、本実験では、自動切断前に手で鉄筋を予熱する作業は実施していない。

表2 D13試圧材実験条件

| 試験片 | 隙間 | 切断速度(mm/min) | 手動予熱 |
|-----|----|--------------|------|
| D13 | 無 | 100 | 無 |
| D13 | 5 | 100 | 無 |

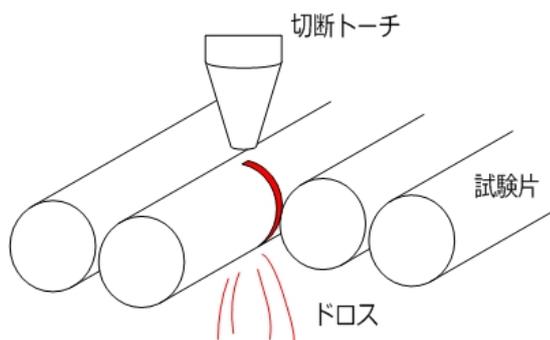


図7 撮影画像概略図

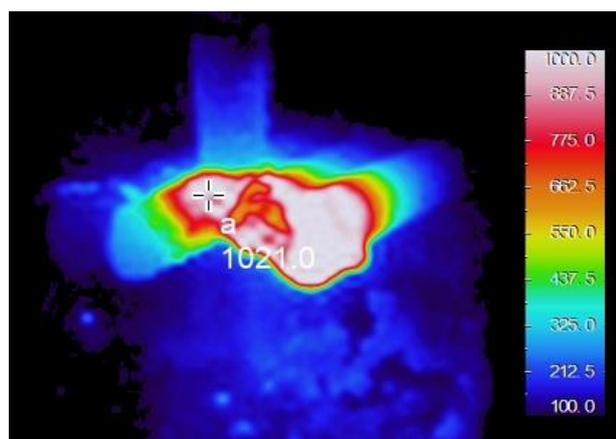


図8 D13:隙間無し

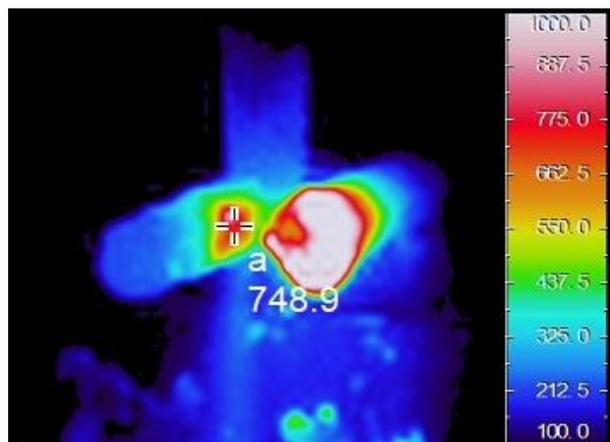


図9 D13:隙間5mm

3-2 D38の切断実験

D13の切断実験にて、材料間の隙間は狭い方が次へ切断される鋼材の予備加熱温度が高くなることが確認された。D38の隙間をD13にて埋めた実験と、D38のみの比較実験を実施した。実験条件を表3に、D38のみの切断時の画像を図10に、D38とD13の組み合わせた場合の温度分布画像を図11に示す。

いずれの試験片も事前に手動で予熱を実施し、一定速度にてトーチを送給した。その結果、D38では切断可能であったが、D13を追加した実験では、D13のみが切断され、D38の予熱温度は579℃に留まり、切断には至らなかった。

表3 D38試圧材実験条件

| 試験片 | 速度(mm/min) | 手動予熱 |
|---------|------------|------|
| D38 | 100 | 有 |
| D38+D13 | 100 | 有 |

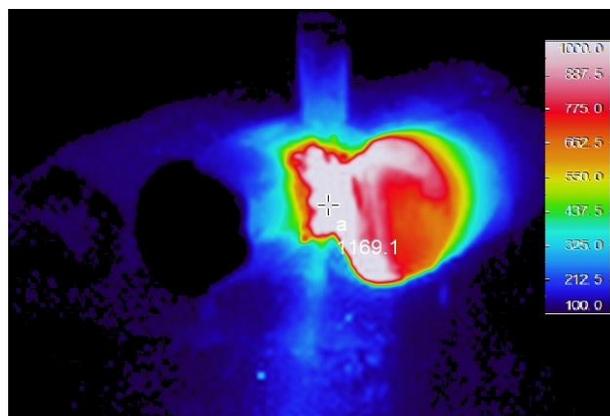


図10 D38のみ

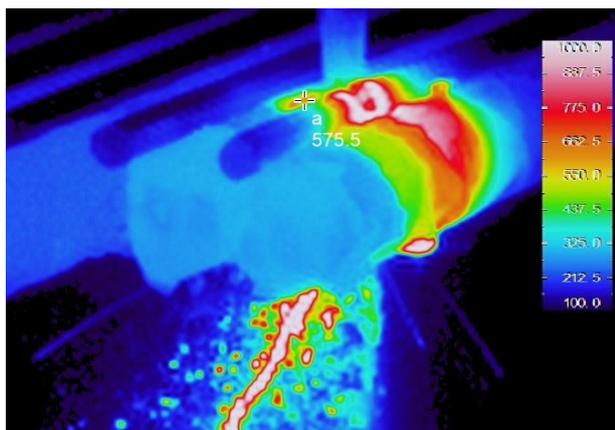


図11 D38の隙間にD13

4 まとめ

サーモグラフィーやフィルターを通した画像で観察した結果、汎用の自動切断機での鉄筋の切断は困難であることがわかった。その要因として、鉄筋は不連続であるため1本目から2本目の切断に移行する際に2本目以降の予熱が不十分であることが挙げられる。手動切断では、熟練者は目視により切断開始場所付近で適切にトーチを往復させ予熱を行い800℃以上に加熱、酸素を増やし切断に移行している。本実験での結果を基に、新たな自動切断機では図12の様な2本の予備加熱用トーチと1本の切断用トーチを別々に配置する仕様とした。それによって十分な予備加熱が可能となった。完成した装置の写真を図13に示す。

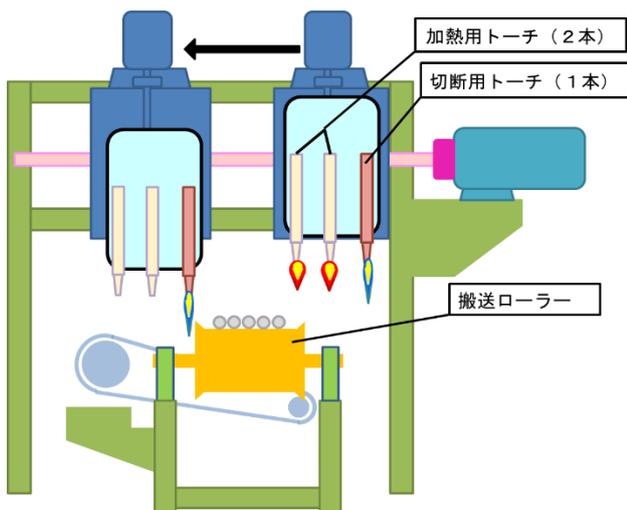


図12 自動切断装置模式図



図13 完成した自動切断装置

本装置では、フォークリフトにより12mの鉄筋の束を投入、コンベア上で並べられ、切断トーチまで自動で搬送される機構となっている。現在の処理速度は熟練者の手作業にはまだ及んでいないため、切断条件については今後も改良が必要である。しかしながら、現状は人手不足であることや、手作業での連続切断は作業者の負担が大きく困難であるため、自動切断が実現できたことの意義は大きい。また、サーモグラフィーやフィルターを通したカメラで観察、現象を定量化することにより、効率的な切断装置の開発に繋がった。

本開発は、令和2年度ものづくり生産性向上支援事業「試圧材の製鋼原料化の生産性向上を実現するための切断装置の開発、2020技022」として実施したものである。

参考文献

- 1)現代溶接技術大系

Development of a cutter to improve the productivity of pressure test materials for steel manufacturing

- Visualization of cutting behaviors -

Yukinori MATSUMOTO, Tatsuya IZUMIKAWA, Seigen CHINEN*¹, Kazuyuki NAHA*²

Okinawa Industrial Technology Center

*¹Takunan Steel Co.,Ltd.

*²Takunan Holdings Co.,Ltd.

Takunan Steel Co., Ltd. manufactures reinforcing bars through various processes such as melting raw materials, mainly iron scrap, in an electric furnace, adjusting ingredients in a ladle furnace (LF), and gradually elongating the slabs formed with continuous casting equipment. To change the kinds of reinforcing bars during the rolling process, their diameters and shapes are adjusted to meet the specifications. The reinforcing bars generated in this stage are called “pressure test materials,” which are cut to a length that allows easy handling for recycling as raw materials after adjustment. The pressure test materials undergo manual gas cutting from about 12 m to about 1 m, although there are problems such as the difficulty of cutting. The project is intended to develop an automatic cutter to solve the problems. Our center successfully visualized cutting behaviors by thermography, etc., thereby determining the specification and cutting conditions of the automatic cutter.

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。