

生砂プロセスにおける鋳型への刻印システム

Marking system on the sand mold in the green sand process

朝岡 康明* 加藤 繁佳*
Yasuaki Asaoka Shigeyoshi Kato

岸 伸賢* 松岡 宏樹*
Nobusato Kishi Hiroki Matsuoka

In recent years, the quality requirements of products have become strict even in the casting industry. Attempts to use big data and AI for reducing defects and traceability for quality assurance have begun. Under this background, we have been working on a system that marks a serial number on a sand mold by laser marking machine and a system that links the serial number transcribed to a casting with the manufacturing information of the machine.

KEY WORDS: Traceability, Laser, Marking

1. はじめに

近年、鋳造業界においても製品への品質要求が益々厳しくなっており、品質保証のためのトレサビリティや、ビックデータ、AIを活用した不良低減の試みがされ始めている。このような背景の中、鋳物がどのような製造条件で作られたかを把握することが重要であり、それに伴い鋳物一品単位に異なる製造番号を刻印することへの要望が高まりつつある。しかし、一般的な生砂プロセスの鋳造ラインにおいては、Fig. 1のように注湯工程までは製造した順番通りに物が流れている。しかし、砂型から鋳物を取り出す工程において、複数の砂型をドラム回転タイプの解砕装置に同時に投入し砂型と鋳物を分離する方式では、鋳物同士が絡み合い、順番が入れ替わる。そのため、鋳物の

製造順番が追えなくなるという問題があった。また、ロット単位で製造番号を刻印することは良く行われているが、一品単位で異なる製造番号を刻印することは困難であった。そこで、成型した砂型に製造番号を刻印し、その番号を鋳物に転写することで、鋳物一品単位に製造番号を付加することが可能になると考えた。本稿は砂型にレーザを使って文字を刻印する装置及びシステムの開発の取組みを報告する。

2. 刻印方法

従来の鋳物に製造番号を転写させる方法をFig. 2に示す。このように英数字が印字された文字プレートを模型に貼付ける方法が一般的である。この方法では、砂型を作る工程において、模型上の

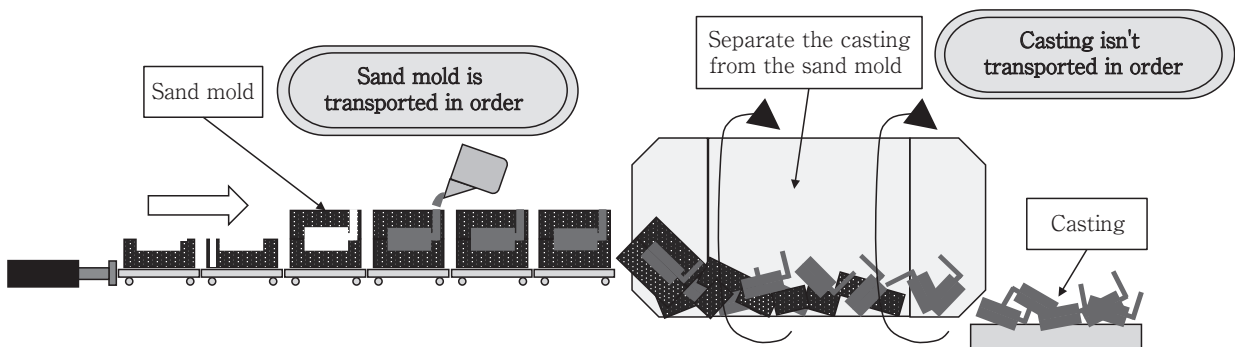
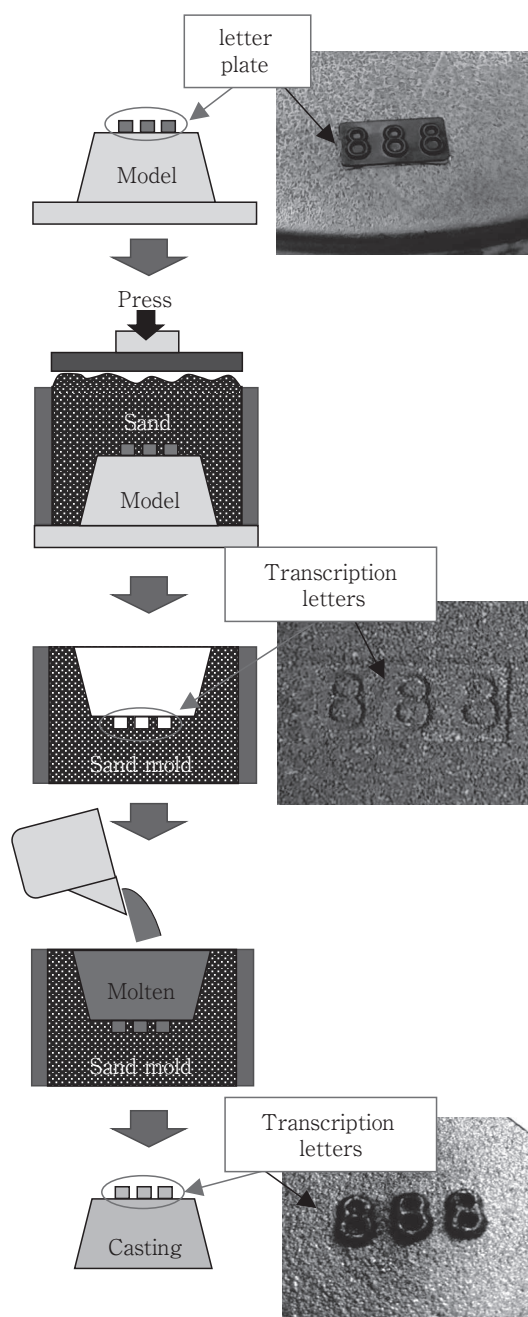


Fig. 1 Manufacturing process of castings in green sand process
Casting manufacturing using the green sand process.

*キャストックカンパニー 鋳造事業部 開発グループ

文字プレートを砂型に転写し、最終的に鋳物に製造番号を転写させる。しかし、砂型一個あたりの製作時間は約 10 秒であり、砂型一個を作る度に文字プレートの貼替えを行うのは困難であった。そのため、従来は“年、月、日”が印字された文字プレートを日毎に貼替え、ロット単位での管理が行われていた。



Conventionally, lot management was applied by changing the letter plate every day

Fig. 2 Conventional marking method.

鋳物一品単位のトレサビリティには、“年、月、日”に加え、砂型を 1 個作るごとに生成される追番も必要となる。一つの砂型の中には複数の製品形状部が配置されているため、“年、月、日、追番”を砂型内の複数箇所刻印しなければならない。そこで、より短時間で刻印ができること、鋳物への転写後も文字が読め、ショットブラスト後も文字が消えないように、砂型に 0.5mm 程度の深さの文字を刻印できる方法が求められる。

Table 1 は各種刻印方法の比較である。砂型に 0.5mm 深さの文字を刻印する方法としては、インクジェット式以外の、レーザ式、ドット式（ペンマーキング）、スタンプ式（判子）が挙げられる。その中でも文字の形状や大きさをフォントデータ一つで自由に変更できるという点では、レーザ式とドット式が有利となる。特にレーザ式の場合、焦点距離をコントロールし、3DCAD データを併用することで、砂型内の複雑な凹凸形状への刻印も可能となる。また比較的短い時間で刻印できる。

Table 1 Comparison of marking methods.

	Laser type	Dot type (Pen marking)	Stamp type	Inkjet type
Change the letters content	○	○	×	○
Dig deep	○	○	○	×
Speed	△	×	○	△
Marking on uneven shape	○	△	×	○
Running cost	○	△	△	×
Initial cost	×	△	○	△
Contact / Non-contact	Non-contact	Contact	Contact	Non-contact

Fig. 3 にレーザ式とドット式で生砂プロセスの砂型に刻印した結果を示す。レーザ式が綺麗に文字を掘ることができたのに対し、ドット式は刃具の抵抗によって文字周辺部の砂型が崩れたため、文字形状を認識することが困難であった。また、ドット式やスタンプ式は刃具やヘッド部の摩耗を避けられず、また、接触式のためマーキングユニットが周囲の砂型に干渉しない場所にしか刻印できないデメリットがある。これより、本稿では総合的に判断し、砂型に刻印する方法としてレーザ式を採用した。

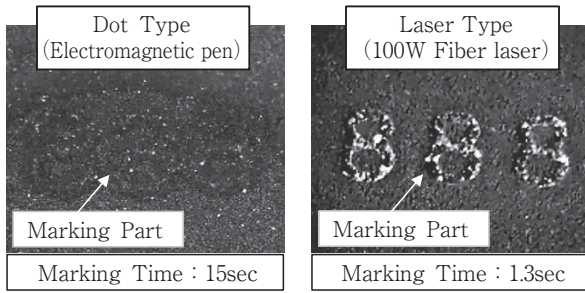


Fig. 3 Pictures that marked sand mold with a dot type and a laser type.

3. レーザの種類と刻印原理

レーザー光は、その種類によって様々な波長の光が存在する。また物質ごとにレーザー光を吸収する波長域がある。しかし、生砂プロセスの砂型に対してレーザーで刻印した知見がないため、生砂に適した波長のレーザーを選定する必要がある。

一般的に生砂プロセスの砂型は、SiO₂を主成分としたケイ砂、SiO₂及びAl₂O₃などを主成分としたベントナイト、炭素を主成分とした石炭粉、水を混合したものが使用される。今回、代表的なレーザーであるファイバーレーザー、CO₂レーザー、UVレーザーを使用し、生砂プロセスの砂型に刻印できるレーザーを調査した。Fig. 4にレーザーの種類とレーザー波長に適した対象物質を示す。各種レーザーで刻印を試みた所、CO₂レーザー、UVレーザーでは文字を掘ることができなかつたのに対し、ファイバーレーザーは文字を掘ることが可能であった。この結果より生砂プロセスの砂型にファイバーレーザーを使用することにした。

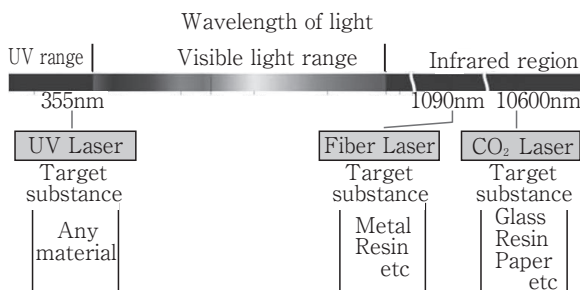


Fig. 4 Laser type and target substance.

Fig. 5に放射温度計を用いてファイバーレーザー照射時の砂型温度を測定した結果を、Fig. 6に刻印後の砂型表面の写真を示す。Fig. 5より、刻印

時の砂型の温度は350℃程度であり、ケイ砂の溶解温度1700℃以下であることがわかる。また、Fig. 6の写真より、刻印した箇所の砂粒子の形状が保たれていることから、レーザーで砂粒を溶かして刻印しておらず、全砂中の水分や揮発物質が蒸発する際の圧力が、砂粒同士の接着力を超えた時に、砂が剥離して文字を掘っていると推測する。

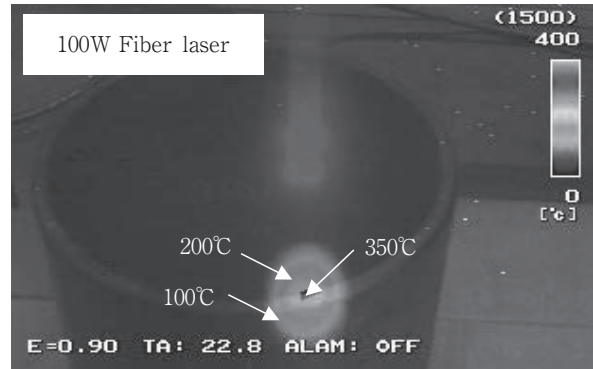


Fig. 5 Temperature of surface on sand mold while irradiating with 100W fiber laser.

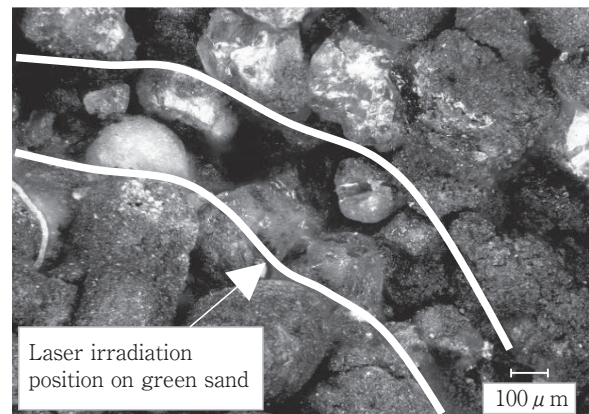


Fig. 6 Picture of the surface of the sand mold after marking.

4. レーザの条件と刻印時間

生砂プロセスの砂型に刻印する際、ファイバーレーザーの各種条件を変えることで、刻印する時間や、文字の深さを変えることができる。鋳造の生産ラインに導入するためには、より短時間で刻印する必要があることから、特に重要な因子であるレーザーパワーの違いが文字深さに及ぼす影響について比較を行った。また、生産ラインにレーザー刻印を導入することを考えると、ラインサイクル内に刻印するためには0.5秒/文字以下が必要条件

となる。Fig. 7は1文字が0.5秒以下で刻印できるように設定し、レーザーパワーを変化させた時の文字深さを3Dスキャナで測定した結果である。Fig. 7の結果より、0.5mm以上の深さの文字を刻印できたのは、100Wのみであった。また、100W以上のレーザーも存在するが、コスト面などを考慮し、今回開発した装置には100Wレーザーを採用した。

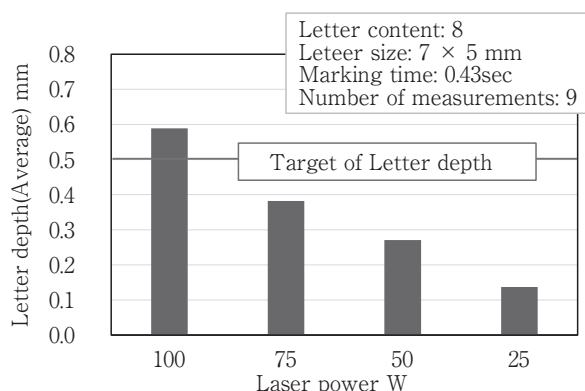


Fig. 7 Relationship between laserpower and letter depth.

5. 刻印装置

高生産性の要求から砂型1枠に製品を多数込めることが求められており、枠付き造型ラインの砂型サイズが□1000mm以上も増えてきている。そのため、生産ラインの砂型にレーザーで刻印する場合、□1000mm以上の範囲内の任意の位置にレーザーで刻印する必要がある。レーザーマーカ自体の機能で任意の位置に刻印できる範囲は□200mm程度であることから、搬送装置にレーザーを搭載し、□1000mm以上の範囲内の任意の位置に刻印できる装置を開発した。

Fig. 8に装置の概略を示す。造型ラインに組み込むことを考えた場合、できるだけコンパクトな構造が望まれるため、搬送装置には3軸直行ロボットを採用した。また、使用するファイバーレーザーは人体に有害であり、装置は「JIS C 6802」に準じた安全性能を満たすことが必要である1)。そこで、装置全体をカバーで覆い、砂型の搬入出部には可動式のシャッターを設け、レーザー照射時には、光が外部に漏れない構造とした。

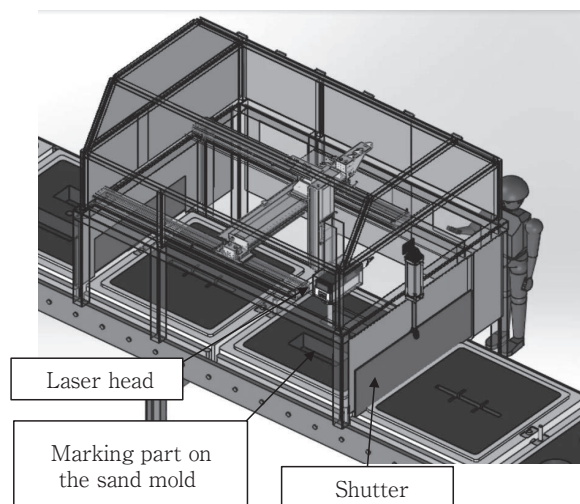


Fig. 8 Internal structure of marking machine.

6. 刻印システム

ここまで、レーザーを使って砂型に刻印する装置について報告してきた。ここからは、鋳物に刻印された製造番号を起点に、鋳物と設備の製造データ、鋳物製品の検査結果の全てを結びつけたトレサビリティのためのシステムについて説明する。

Fig. 9にシステムのイメージ図を示す。まず、生産計画データに基づき、その日に生産される製品の情報が刻印装置に送られる。装置には予め製品に応じた、刻印箇所の座標、レーザーの各種条件などが登録されており、生産計画データに基づき、必要な製品の登録データを読み出して刻印をする。砂型に刻印した製造番号は、データとしても統合データ収集用PC/PLCに保存される。このデータ収集用PC/PLCには、製造番号以外にも、設備の各種条件データ、例えば砂処理設備や、造型機、注湯機など、刻印した砂型に関連するデータも一元化され収集されることから、製造番号を起点に鋳物と、その鋳物を作った時の条件データを結びつけることが可能となる。

次に製造番号を刻印した砂型は、画像処理装置により、番号が問題なく刻印されているかを判定される。読み取り結果に問題がなかった場合、その砂型は次工程へと搬送される。しかし、刻印装置のトラブルなどで番号が読み取れない、あるいは文字の深さが十分でない場合、その砂型から作られた鋳物は製造番号の読み取り不良という意味

で不良品となる。そのため、製造番号が読み取れなかった際には、不良品を作らないための処置として、砂型に注湯をしないよう設備を自動制御する。

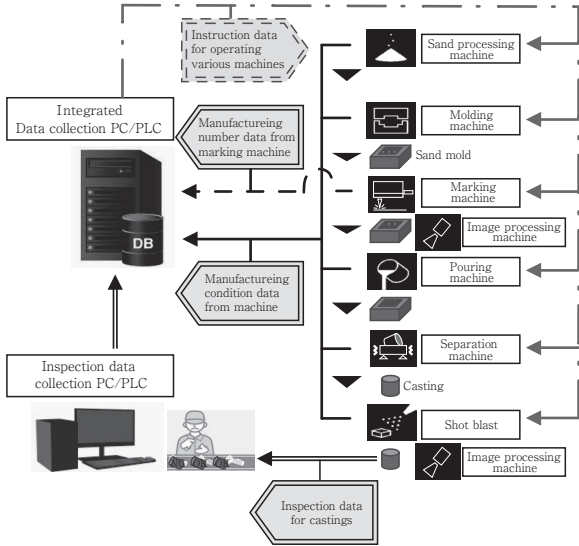


Fig. 9 Image of marking system.

注湯後、砂型と分離された鋳物製品は、検査工程で不良品と合格品に分けられる。この工程においても、鋳物に転写された製造番号を画像処理装置で読み取り、検査結果データ登録用PC/PLCに登録された検査データと製造番号データを結びつける。これにより、鋳物製品、設備の製造データ、製品の検査結果のすべてが結びつき、トレサビリティや製品不良対策への活用が可能となる。

7. おわりに

現段階では砂型にレーザーを用いて刻印する装置の開発を完了した。今後は製品不良低減のためのビックデータ活用や、鋳物の付加価値向上を目的とした、一品単位の製品保証ができるトレサビリティへの活用を目指し、刻印システムとしての完成を目指して取組んでいく。

最後に、今回の開発に関わっていただいた関係者の皆様に深く感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 日本工業規格 JIS C 6802 (1988)