

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-121329

(P2020-121329A)

(43) 公開日 令和2年8月13日(2020.8.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 D 11/055 (2006.01)	B 2 2 D 11/055 A	4 E 0 0 4
B 2 2 D 11/04 (2006.01)	B 2 2 D 11/04 3 1 1 D	
B 2 2 D 11/059 (2006.01)	B 2 2 D 11/04 3 1 1 F	
B 2 2 D 11/16 (2006.01)	B 2 2 D 11/059 1 2 0 Z	
	B 2 2 D 11/055 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2019-15390 (P2019-15390)
 (22) 出願日 平成31年1月31日 (2019.1.31)

(71) 出願人 000001258
 J F E スチール株式会社
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
 (74) 代理人 100184859
 弁理士 磯村 哲朗
 (74) 代理人 100123386
 弁理士 熊坂 晃
 (74) 代理人 100196667
 弁理士 坂井 哲也
 (74) 代理人 100130834
 弁理士 森 和弘
 (72) 発明者 伊藤 陽一
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
 F E スチール株式会社内

最終頁に続く

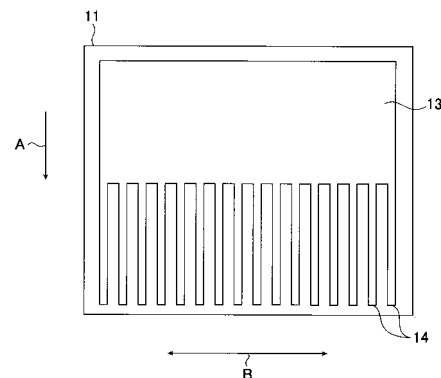
(54) 【発明の名称】 鋼の連続铸造用鑄型及び鋼の連続铸造方法

(57) 【要約】

【課題】 高速铸造時であっても、铸造方向及び周方向で凝固シェルからの均一な抜熱を容易に実施可能とする。

【解決手段】 鋼の連続铸造用鑄型は、冷却水路13、14が形成されている銅合金製のプレート11と、冷却水路13、14を覆うようにプレート11に取り付けられているバックアッププレートと、を有する。プレート11の下部での冷却水路14は複数の溝から構成され、該溝の各々は連続铸造工程での铸造方向に延長した縦長形状である。プレート11の上部での冷却水路13は、下部の冷却水路14に連通し、铸造方向に延長し且つ铸造方向に直交した周方向に延長した形状の溝から構成される。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷却水路が形成されている銅合金製のプレートと、
前記冷却水路を覆うように前記プレートに取り付けられているバックアッププレートと、
を有する鋼の連続鑄造用鑄型であって、
前記冷却水路のうち、前記プレートの下部での冷却水路は複数の溝から構成され、該溝の各々は、連続鑄造工程での鑄造方向に延長した縦長形状であり、
前記冷却水路のうち、前記プレートの上部での冷却水路は、前記下部の冷却水路に連通し、前記鑄造方向に延長し且つ前記鑄造方向に直交した周方向に延長した形状の溝から構成される鋼の連続鑄造用鑄型。

10

【請求項 2】

前記上部のプレートの内壁の一部は、前記銅合金の熱伝導率よりも低い異種物質で形成されている請求項 1 に記載の鋼の連続鑄造用鑄型。

【請求項 3】

前記プレートの内壁には前記周方向に沿って凹部が複数形成され、前記凹部には前記異種物質が充填された異種物質充填部が複数形成されており、

該異種物質充填部によって、鑄型表面での抜熱量が前記周方向に沿って周期的に増減する請求項 2 に記載の鋼の連続鑄造用鑄型。

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の鋼の連続鑄造用鑄型を用いた鋼の連続鑄造方法。

20

【請求項 5】

前記上部での冷却水路を流れる冷却水の線流速が 5.0 m/秒以下となるように前記鋼の連続鑄造用鑄型に冷却水を供給する請求項 4 に記載の鋼の連続鑄造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鑄造速度が 2.0 m/分以上である高速鑄造時において、連続鑄造工程の鑄造方向及び鑄造方向に直交する周方向で鑄片の均一な抜熱を容易に実施可能とする鋼の連続鑄造用鑄型に関する。更に、本発明はこの鑄型を用いる鋼の連続鑄造方法に関する。

【背景技術】

30

【0002】

鋼の連続鑄造方法では、連続鑄造用鑄型に溶鋼を注入し、鑄型で溶鋼を凝固させて凝固シェルを形成して鑄片を形成し、鑄片を引き抜き鑄片を鑄造する。近年、鑄片の生産性の向上が求められており、鑄片の引き抜き速度（鑄造速度）が 2.0 m/分以上となる高速鑄造の操業を実施している。

【0003】

高速鑄造の操業では鑄型で溶鋼を十分に冷却し難く、鑄型下端で鑄片は凝固シェルの厚みが薄く且つ不均一になり易く、鑄型の下端以降で鑄片表面が破断し、溶鋼が鑄片から漏れ出るブレークアウトという操業上の事故が発生する可能性が生じるし、鑄片表面に縦割れが生じる可能性が高くなる。ブレークアウトは操業を継続する上で避ける必要がある。鑄片表面に縦割れが生じた場合には鑄造後に表面疵を除去するための手入れ工程が必要となる。鑄造後に鑄片を圧延して鋼材を製造する工場、例えば厚板工場では、鑄片を加熱し且つ高温に保つ加熱炉が設けられている。加熱炉には、鑄造を終えてから温度を低下させずに鑄片を直接的に送ることが望ましい。なぜならば、温度が低下した鑄片を再度加熱する必要がなくなり、鋼材の生産性の向上が可能だからである。ところが、前述の手入れ工程が必要となる場合には、鑄片を加熱炉に直接的に送れず、鋼材の生産性が低下することになる。

40

【0004】

従って、鑄造方向及び鑄造方向と直交する周方向に均一に、溶鋼の凝固初期段階から凝固シェルを鑄型で強冷却して、鑄型の出口で凝固シェルを十分な厚みに成長させることが

50

望ましい。特に、連続鋳造工程における鋳型のメニスカス付近で溶鋼の温度が最も高くなるので、この位置での冷却を強めることが重要である。

【0005】

典型的な鋼の連続鋳造用鋳型は、冷却水路が形成されているプレート（鋳型長辺など）と、冷却水路を覆うようにプレートに取り付けられているバックプレートと、を有し、冷却水路は、鋳造方向に沿って延長している縦長形状の複数の溝から構成されている。特許文献1には、鋳型を上部と下部とに区分し、上部と下部とで冷却水路を分離した鋳型が記載されており、特に炭素含有量が0.07～0.35質量%の中炭素鋼（亜包晶鋼）の溶鋼を冷却する場合には、上部の冷却水の流速を下部の冷却水の流速をよりも下げることが提案されている。すなわち、特許文献1では、メニスカス付近を冷却する上部で凝固シェルを緩冷却するとともに下部で強冷却することが望ましいとされている。しかしながら、前記中炭素鋼以外の鋼種では、上部の冷却水路での冷却水の流速を上げて、上部と下部との両方で強冷却を行うことも可能であり、そのようにして冷却を強めて、鋳型の出口で凝固シェルを十分な厚みに成長させることが望ましい。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平10-58093号公報

【特許文献2】特開2017-39165号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1の鋳型では、冷却水路での冷却水の流速を速めるほど、鋳造方向及び鋳造方向に直交する周方向で鋳片の均一な抜熱をし難くなる。まず、鋳型の上部と下部との間では冷却水路が形成されていないので、冷却水路が形成されている位置とそうでない位置との鋳型表面で抜熱量が相違するからである。次に、冷却水路は、鋳造方向に沿って延長している縦長形状の溝が周方向に複数並んで構成されており、溝が形成されている位置とそうでない位置との鋳型表面で抜熱量が相違するからである。特許文献1では、強冷却の場合、冷却水の線流速を例えば13.0m/秒とすることが記載されているが、冷却水の流速を速めるほど、相違する抜熱量は大きくなっていき、鋳造方向及び周方向での鋳片の均一な抜熱をし難くなっていく。ましてや、鋳造速度が2.0m/分以上である高速鋳造時では、均一な抜熱はより難しくなっていく。

30

【0008】

本発明は上記事情を鑑みて完成されたもので、高速鋳造時であっても、鋳造方向及び周方向で鋳片の均一な抜熱を容易に実施可能とする鋼の連続鋳造用鋳型を提供することを目的とする。更には、この鋳型を用いた鋼の連続鋳造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明者らは、上記課題を鑑みて、メニスカスを冷却することになる鋳型の上部における冷却水路は鋳造方向に直交する周方向で延長する形状であり、且つ、上部と下部とで冷却水路が連続していれば、前述の相違する抜熱量を抑えることが可能と考え、本発明の完成に至った。すなわち、本発明は次の通りである。

40

(1) 冷却水路が形成されている鋼合金製のプレートと、前記冷却水路を覆うように前記プレートに取り付けられているバックアッププレートと、を有する鋼の連続鋳造用鋳型であって、前記冷却水路のうち、前記プレートの下部での冷却水路は複数の溝から構成され、該溝の各々は、連続鋳造工程での鋳造方向に延長した縦長形状であり、前記冷却水路のうち、前記プレートの上部での冷却水路は、前記下部の冷却水路に連通し、前記鋳造方向に延長し且つ前記鋳造方向に直交した周方向に延長した形状の溝から構成される鋼の連続鋳造用鋳型。

(2) 前記上部のプレートの内壁の一部は、前記鋼合金の熱伝導率よりも低い異種物質で

50

形成されている（１）に記載の鋼の連続鑄造用鑄型。

（３）前記プレートの内壁には前記周方向に沿って凹部が複数形成され、前記凹部には前記異種物質が充填された異種物質充填部が複数形成されており、該異種物質充填部によって、鑄型表面での抜熱量が前記周方向に沿って周期的に増減する（２）に記載の鋼の連続鑄造用鑄型。

（４）（１）～（３）のいずれか１項に記載の鋼の連続鑄造用鑄型を用いた鋼の連続鑄造方法。

（５）前記上部での冷却水路を流れる冷却水の線流速が 5.0 m/秒 以下となるように前記鋼の連続鑄造用鑄型に冷却水を供給する（４）に記載の鋼の連続鑄造方法。

【発明の効果】

10

【００１０】

本発明によって、高速鑄造時において鑄造方向及び周方向で鑄片の均一な抜熱が容易に実施可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】鋼の連続鑄造用鑄型の斜視図である。

【図２】図１に示す鑄型の鑄型長辺の鉛直断面図である。

【図３】本発明の実施形態の鋼の連続鑄造用鑄型のプレートの正面図である。

【図４】図１に示すＣＣ線位置の鑄型長辺の水平断面図である。

【図５】図１に示すＤＤ線位置の鑄型長辺の水平断面図である。

20

【図６】本発明の別の実施形態の鋼の連続鑄造用鑄型のプレートを示す図である。

【図７】本発明の別の実施形態の鋼の連続鑄造用鑄型のプレートを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

本発明は、鋼の連続鑄造工程で定まるメニスカスを冷却する鑄型の上部において冷却水路を鑄造方向及び鑄造方向に直交する周方向で延長する形状とし、鑄型の上部と下部とで冷却水路を連続させることで、凝固シェルから、鑄造方向及び周方向に沿った均一な抜熱を行うことを主眼とする。

【００１３】

本発明の説明の前に鋼の連続鑄造方法を簡単に説明する。鋼の連続鑄造用鑄型の斜視図を図１に示す。鑄型１は、相対する一対の鑄型長辺２と、該鑄型長辺２に挟持され且つ相対する一対の鑄型短辺３とを有する。溶鋼４を収容するタンディッシュ（図示省略）が鑄型１の上方に配置され、該タンディッシュの底部には浸漬ノズル５が設置されている。一対の鑄型長辺２と一対の鑄型短辺３とで鑄型１には矩形の内部空間が形成されており、内部空間には浸漬ノズル５が挿入されている。

30

【００１４】

鑄型長辺２及び鑄型短辺３には冷却水路が形成され、該冷却水路に水を通過させて、鑄型１を冷却してある。鑄型１に浸漬ノズル５を通じて溶鋼４を注入し、溶鋼４を凝固させて凝固シェルを形成して鑄片を形成し、鉛直方向下方となる鑄造方向Ａに鑄型１から鑄片を引き抜いて鑄片を連続的に鑄造する。鑄型１での溶鋼４の湯面をメニスカスと呼び、鑄型１においてメニスカス付近で溶鋼４の温度が最も高くなる。鋼種にもよるが、特にメニスカスの位置で鑄型１の内壁面から鑄造方向Ａに直交する周方向Ｂに凝固シェルから均一に抜熱を行うことが望ましい。凝固シェルの厚みの均一な成長を促進できるからである。

40

【００１５】

鑄型１の下方にはロール（図示省略）が複数配置されており、冷却水を鑄片に吹き付けつつロールで鑄片を搬送し、冷却が進み凝固が完了した後に鑄片を所定の長さに切断する。以上で、次工程の圧延の対象となる所定長さの鑄片が鑄造されることになる。

【００１６】

次に、本発明の鑄型の実施形態の一例を説明する。鑄型１を構成する鑄型長辺２及び鑄型短辺３はそれぞれ、冷却水路が形成されているプレートとバックアッププレートとを有

50

する。プレートは、冷却水による冷却効果を高めるべく熱伝導率が高い銅合金製である。本発明の冷却水路の構成を示すべく、一例として鋳型長辺 2 の鉛直断面を図 2 に示し、鋳型長辺 2 のプレートの正面図を図 3 に示す。

【0017】

図 2 及び図 3 に示すように、プレート 11 は上部と下部とに区分され、上部には冷却水路 13 が形成され、下部には、冷却水路 13 と連通する冷却水路 14 が形成されている。バックアッププレート 12 は、冷却水路 13、14 を覆うようにプレート 11 に取り付けられる。バックアッププレート 12 には、冷却水供給口 15 と冷却水排出口 16 とが形成されており、バックアッププレート 12 がプレート 11 に取り付けられた状態で、冷却水供給口 15 が冷却水路 14 に連通し、冷却水排出口 16 が冷却水路 13 に連通している。バックアッププレート 12 に設置された水箱（図示省略）から冷却水供給口 15 を通じて冷却水が供給され、冷却水は、冷却水路 13、14 を通過して冷却水排出口 16 に向かい、冷却水排出口 16 を通じて水箱に排出される。このようにして、鋳型 1 が冷却されている。

【0018】

図 1 に示す CC 線位置の鋳型長辺 2 の水平断面、すなわち、冷却水路 14 の水平断面を図 4 に示す。図 3 及び図 4 に示すように、プレート 11 の下部では、連続鋳造工程での鋳造方向 A に延長している縦長形状の溝が複数形成されている。冷却水路 14 は、周方向 B に整列した複数の溝から構成されている。縦長形状であることによって、冷却水路 14 への水の供給流量を少なくしても冷却水路 14 での線流速を速くでき、メニスカスから離れ、温度が該メニスカス付近より低くなった溶鋼 4 及び凝固シェルを冷却する場合には、この形状の冷却水路 14 で冷却してもよい。また、鋳型 1 の下半分位置では、熱流束は、メニスカス付近の半分以下と低位になり、幅方向に熱流束がバラツいても、その影響が小さくなるので、プレート 11 の下部は冷却水路 14 をスリット状にして線流速を確保することが有効である。冷却水路 14 を流れる冷却水の線流速は、7.0 m/秒以上であることが望ましく、10.0 m/秒以上であることが更に望ましい。線流速を速くするほど、この冷却水による強制対流による熱伝達による抜熱効果を高めることができるからである。但し、線流速の上限は 13 m/秒程度であることが好ましい。プレート 11 の銅鋳型の形状を保ちにくくなるからである。また、線流速は上限を設けることが望ましい。なぜならば、冷却水路 14 の断面積が小さくなり過ぎ、冷却水とプレート 11 との接触面積が伝熱の観点で過小となったり、冷却水路 14 の断面積が極端に小さい場合には、水質が悪化するなどすると、冷却水路が閉塞してしまう危険性が高くなるからである。また、プレート 11 に小さい断面積の冷却水路 14 を加工することが難しくからである。

【0019】

図 1 に示す DD 線位置の鋳型長辺 2 の水平断面、すなわち、冷却水路 13 の水平断面を図 5 に示す。図 3 及び図 5 に示すように、プレート 11 の上部では、冷却水路 13 は、冷却水路 14 に連通し、鋳造方向 A に延長し且つ周方向 B に延長する形状の溝から構成されている。冷却水路 14 から供給される冷却水は、冷却水路 13 に広がり、冷却水排出口 16 に向かう。冷却水路 13 は周方向 B に延長しているので、冷却水による冷却が周方向 B で均一になる。上部での冷却水路 13 で、連続鋳造工程におけるメニスカスを冷却し、該メニスカス付近で凝固シェルを周方向 B で均一に抜熱し易い。なお、上部は、メニスカス付近を冷却するような領域とすればよい。連続鋳造で用いる鋳型は、鋳造方向 A に沿った長さが 800～1000 mm であることが一般的である。この長さを基にすれば、上部を、プレート 11 の上端から該上端より 250 mm 以上下方の領域であって、メニスカスを冷却する領域となる。また、下部は、上部の領域の下端からプレート 11 の下端までの領域となる。

【0020】

冷却水路 13 は、周方向 B に延長した形状なので、水平断面積が冷却水路 14 より大きく、鋳造方向 A での冷却水の線流速を速くし難い。よって、冷却水自体による冷却効果を強め難くなる。しかしながら、本発明者らは、水の核沸騰現象を利用し、冷却水の線流速

を遅くすることで水の核沸騰を促して、熱伝達率を上昇させ、抜熱量を大きくすることが可能であることを知見し、冷却水の線流速を遅くして、特にメニスカスを冷却する部位での冷却水の核沸騰を促すためには、冷却水路 13 を周方向 B に延長する形状にする考えに至った。よって、本発明の鋳型を用いる鋼の連続鋳造方法では、冷却水路 13 を流れる冷却水の鋳造方向 A での線流速を意図的に遅くする。よって、この線流速を 5.0 m/秒以下とすることが望ましい。

【0021】

なお、図 2 及び図 3 に示すように、プレート 11 の上部と下部との間では冷却水路 13、14 は連続しているため、上部と下部との間の部位を効果的に冷却することが可能である。

10

【0022】

冷却水路 13 を構成するプレート 11 の内壁の一部を、プレート 11 の銅合金の熱伝導率よりも低い異種物質で形成することが好ましい。例えば、図 6 に示すように、冷却水路 13 が形成されているプレート 11 の内壁面に、鋳造方向 A に延長する溝を形成し、該溝に、銅合金の熱伝導率よりも低い異種物質を充填してもよい。異種物質が充填されている異種物質充填部 21 は熱伝導率がプレート 11 とは異なるので、異種物質充填部 21 とプレート 11 の内壁面との境界で抜熱量が大きく変わり、境界部近傍で、核沸騰現象による気泡の形成を促進できる。プレート 11 の内壁のうち、気泡を形成したい位置を異種物質で形成することで、目標とする位置で気泡を形成しやすくなる。これにより、抜熱量が大きくなる。

20

【0023】

また、図 7 に示すように、周方向 B に沿ってプレート 11 の内壁に凹部を複数形成し、凹部に異種物質を充填した異種物質充填部 22 を複数形成し、該異種物質充填部 22 によって鋳型表面での抜熱量を周方向 B に沿って周期的に増減させることが好ましい。

【0024】

特許文献 2 によると、鋳型内の凝固シェルの不均一凝固は、特に、炭素含有量が 0.08 ~ 0.17 質量% の鋼（亜包晶中炭素鋼）で発生しやすい、とされている。更には、鋳型長辺あるいは鋳型短辺の溶鋼側の鋳型表面での凝固シェルからの抜熱量を周方向に沿って周期的に増減するように、前記表面に異種物質充填部を形成することで、凝固シェルの不均一凝固の低減を図ることが可能である、とされている。特許文献 2 の開示内容からすると、鋳型表面での抜熱量を周方向 B に沿って周期的に増減させることによって、特に、亜包晶中炭素鋼の凝固シェルの不均一凝固を効果的に低減可能であることになる。よって、プレート 11 の冷却水路が形成されている内壁面に千鳥格子状に凹部を複数形成し、凹部に異種物質を充填した円筒状の異種物質充填部 21 を複数形成することで、異種物質充填部 21 によって鋳型表面での抜熱量を周方向 B に沿って周期的に増減させて、凝固シェルの不均一凝固を低減させることが期待できる。

30

【0025】

抜熱量の変化を確実に周期的なものとするべく、異種物質装入部 21 同士の間隔は同じであることが好ましい。また、鋳型本体の熱伝導率に対して熱伝導率が 80 % 以下あるいは 125 % 以上であることが好ましい。なお、物質の熱伝導率は雰囲気温度の変化に伴い変化する。よって、異種物質と鋳型本体と熱伝導率は、鋳型の製造時における室温（常温）時を基準とする。室温時において、異種物質の熱伝導率が鋳型本体に対して 20 % 程度の差があれば、鋳型本体の内壁面での抜熱量の規則的且つ周期的な増減により、特に、亜包晶中炭素鋼の凝固シェルで生じる δ 鉄から γ 鉄への変態によって発生する応力や熱応力を低減させることが可能である。但し、前述の変態によって発生する応力などを低減させて、鋳片の表面割れを防ぐことが可能であればよいので、必ずしも、異種物質の熱伝導率が前述の範囲である必要はない。また、異種物質装入部 21 同士の間隔も必ずしも同じである必要はない。

40

【0026】

プレートの熱伝導率に対して熱伝導率が 80 % 以下となる異種物質の例としては、鍍金

50

や溶射のしやすいNi（熱伝導率：約90W／（m・K））及びNi合金（熱伝導率：約40～90W／（m・K））を用いることができるし、プレートには、銅合金（熱伝導率：約100～398W／（m・K））、例えば高熱伝導タイプの銅合金（熱伝導率：約318W／（m・K））や電磁攪拌用の低熱伝導銅合金（熱伝導率：約119～239W／（m・K））を用いることができる。また、純銅（熱伝導率が398W／（m・K）程度）や前述の銅合金を使用してもよい。

【0027】

異種物質充填部21の深さ、すなわち、溝あるいは凹部の深さは0.1～1.0mmであることが好ましい。核沸騰現象による気泡を安定的に形成しやすくなるからである。

【0028】

鍍金処理や溶射処理によって溝部あるいは凹部に異種物質を充填できるが、溝部あるいは凹部に適した形状に異種物質を加工してそれを溝部あるいは凹部に埋め込んでも充填できる。但し、鍍金処理や溶射処理による充填の方が望ましい。なぜならば、異種物質と溝部あるいは凹部とを確実に密着させることが可能だからである。

【0029】

図示を省略してある鑄型短辺もまた上部及び下部に区分し、図2～5に示すような冷却水路を形成してもよいし、図6及び図7に示すように異種物質装入部を形成してもよい。

【0030】

バックアッププレート12は、典型的には、プレート11にスタッドボルト（図示省略）で取り付けられることになる。この場合、プレート11中の冷却水路13に、スタッドボルトが取り付けられている部位を設けることが好ましい。冷却水路13によってその部位をより効果的に冷却可能だからである。スタッドボルトが固定される部位を冷却水路13及び／または複数の冷却水路14の間に設け、バックアッププレート12のその部位に対応する位置に貫通孔を形成し、該貫通孔にスタッドボルトを通しつつ前記部位に固定して、スタッドボルトでバックアッププレート12をプレート11に取り付けることが可能である。スタッドボルトが固定される部位を冷却水路14の間に設ける場合、冷却水路14の間のプレートの部位は冷却水路14で直接冷却できていないので、その部位とそうでない部位とで熱応力差が生じ易い。一方で、スタッドボルトが固定される部位が冷却水路13にある場合には、その部位の周囲を冷却水路13で冷却することになるので、その部位とそうでない部位とで熱応力差が生じ難い。

【0031】

なお、図1に示す鑄型には矩形の内部空間が形成されており、これは、スラブやブルーム、ビレットの鑄片の鑄造用鑄型である。但し、図2～7に示すような冷却水路はこれらの鑄片の鑄造用鑄型のプレートに形成することに限られず、ビームブランクの鑄片の鑄造用鑄型のプレートに形成してもよい。

【0032】

以上の通りに説明した連続鑄造鑄型を用いて鋼の連続鑄造方法を行うことで、メニスカス位置で凝固シェルを強冷却することが容易になり、高速鑄造時においても鑄造方向及び周方向で鑄片の均一な抜熱を容易に実施可能となる。

【実施例1】

【0033】

プレート11の上端から250mm下方位置までの領域を上部とし、その位置からプレート11の下端までの領域を下部として、冷却水路13、14を形成した図2～5に示す形態の鋼の連続鑄造用鑄型を用いて鋼の連続鑄造の操作を行った（本発明例1）。

【0034】

本発明例1の連続鑄造では、鑄造する鑄片は厚みを220mmとし、幅を1000mmとした。鑄造速度を2.5m／分とし、冷却水路13での冷却水の鉛直方向に沿った線流速を5.0m／秒とし、冷却水路14での冷却水の線流速を10.0m／秒となるように冷却水を供給することが可能な冷却水路13、14が鑄型には形成されている。プレートは、熱伝導率が360W／（m・K）である銅合金製である。

10

20

30

40

50

【0035】

本発明例1の操業では、炭素含有量が0.02～0.07%である低炭素鋼、炭素含有量が0.15～0.18%である過包晶中炭素鋼、炭素含有量が0.20～0.45%である高炭素鋼、となる複数種の溶鋼4を準備し、これらの溶鋼から鋳片を鋳造した。1日に4回鋼の連続鋳造を行い、鋼の連続鋳造の操業を180日間行った。

【0036】

本発明例1と比較するべく、上部の冷却水路を鋳造方向Aに沿って縦長形状の複数の溝からなる構成とした連続鋳造用鋳型を用いて鋼の連続鋳造の操業を行った（比較例1）。すなわち、比較例1で用いた鋳型は、上部の冷却水路が周方向Bに延長していない形状の溝となっている。比較例1の操業は、用いた鋳型の上部の冷却水路の構成以外は本発明例1と同じ条件であるが、上部の冷却水路での鉛直方向に沿った冷却水の線流速は、下部の冷却水路での冷却水と同じ10.0m/秒とした。

【0037】

本発明例1及び比較例1における鋳型全体による抜熱量を鋳型11の冷却水供給口15と冷却水排出口16での温度差で測定した。その結果、本発明例1は比較例1に対して抜熱量が1.1倍程度大きかった。

【0038】

本発明例1及び比較例1では、カラーチェックによる目視で鋳造した鋳片を確認し、1回の連続鋳造で鋳造した鋳片に縦割れが発生したかを確認し、縦割れが発生した場合、その長さを測定した。180日の操業において測定した縦割れの長さを合計した。比較例1の縦割れの長さの合計値を基準とし、その値に対する本発明例1の縦割れの長さの合計値の比率を縦割れ発生指数として求めた。その結果、縦割れ発生指数は0.2倍となり、本発明例1では縦割れ発生が比較例1よりも抑制できていることが確認できた。

【0039】

また、本発明例1と比較例1とはともに、ブレイクアウトの発生を防ぎ、鋼の連続鋳造の操業を180日間行うことができ、本発明例1の鋳型寿命は比較例1と変わらないことを確認できた。

【実施例2】

【0040】

図6に示す形態の鋼の連続鋳造用鋳型を用いて鋼の連続鋳造の操業を行った（本発明例21）。本発明例21の鋼の連続鋳造では、異種物質として、熱伝導率が90W/(m・K)となるNi合金を採用し、溶射によって図6の溝部に充填した鋳型を用いた。また、炭素含有量が0.08～0.15%である亜包晶中炭素鋼の溶鋼から鋳片を鋳造した。これら以外は本発明例1と同じ条件で連続鋳造の操業を行った。

【0041】

更に、図7に示す形態の鋼の連続鋳造用鋳型を用いて鋼の連続鋳造の操業を行った（本発明例22）。本発明例22の鋼の連続鋳造では、用いた鋳型以外は本発明例21と同じ条件で操業を行った。

【0042】

本発明例21及び22と比較するべく、プレートの上端から250mm下方位置までの領域を上部とし、その位置から下端までの領域を下部として、冷却水路を形成した連続鋳造用鋳型を用いて鋼の連続鋳造の操業を行った（比較例2）。比較例2では比較例1で用いた鋳型と構成は同じとしたが、上部の冷却水路での鉛直方向に沿った冷却水の線流速は3.0m/秒とした。上記以外は本発明例21及び22と同じ条件で操業を行った。なお、特許文献1では、亜包晶中炭素鋼を冷却する場合には特に、上部での冷却を緩冷却とすべき旨が記載されてからである。

【0043】

本発明例21、22及び比較例2における鋳型全体による抜熱量を鋳型11の冷却水の入口15と出口16での温度差で測定した結果、本発明例21は抜熱量が比較例2に対して1.2倍程度大きいことが分った。本発明例22は抜熱量が比較例2に対して1.25

倍程度大きいことが分った。これは、異種物質充填部 2 1 とプレート 1 1 の内壁面との境界近傍で、核沸騰現象による気泡の形成を促進でき、熱伝導率が大きく上昇したことに起因すると推察される。本発明例 2 1 によれば、異種物質充填部 2 1 を形成したことにより抜熱量が大きくなることがわかるし、本発明例 2 2 によって、異種物質充填部 2 1 を複数形成することで抜熱量がより一層大きくなることがわかった。

【0044】

次いで、本発明例 2 1、2 2 及び比較例 2 における、鑄造した鑄片に縦割れが発生したかをカラーチェックによる目視で確認し、発生した縦割れの長さを測定した。180 日の操業において、測定した縦割れの長さを合計した。比較例 2 の縦割れの長さの合計値を基準とし、その値に対する本発明例 2 1 の縦割れの長さの合計値の比率を縦割れ発生指数として求めた。その結果、本発明例 2 1 での縦割れ発生指数は 0.35 倍となり、本発明例 2 2 での縦割れ発生指数は 0.10 倍となり、本発明法 2 1 及び 2 2 では縦割れ発生が比較例 2 よりも抑制できていることが確認できた。

10

【0045】

また、本発明例 2 1 及び 2 2 と比較例 2 とはともに、ブレークアウトの発生を防げ、鋼の連続鑄造の操業を 180 日間行うことができ、本発明例 2 1 及び 2 2 の鑄型寿命は比較例 2 と変わらないことを確認できた。

【0046】

以上の通りに、本発明の連続鑄造鑄型を用いて鋼の連続鑄造方法を行うことで、メニスカス位置で凝固シェルを強冷却することが容易になり、高速鑄造時においても鑄造方向及び周方向で鑄片の均一な抜熱を実施して、鑄片の縦割れ及びブレークアウトを防ぐことが可能であるとわかった。また、本発明の連続鑄造鑄型では、溶鋼が亜包晶中炭素鋼である場合であっても、鑄片の縦割れを効果的に防ぐことが可能であるとわかった。

20

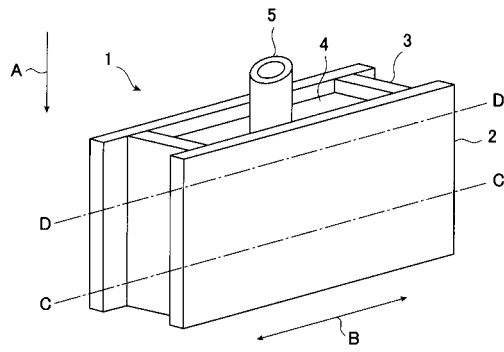
【符号の説明】

【0047】

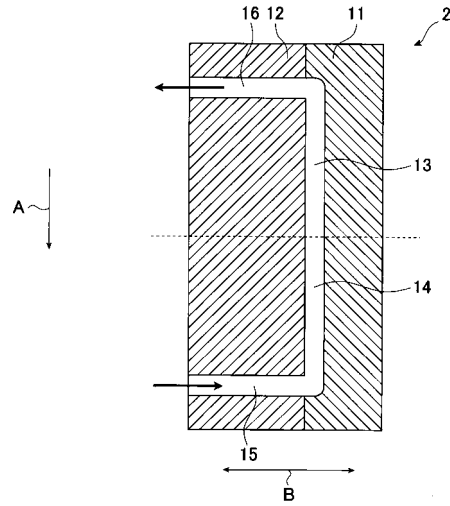
- 1 鑄型
- 2 鑄型長辺
- 3 鑄型短辺
- 4 溶鋼
- 5 浸漬ノズル
- 11 プレート
- 12 バックアッププレート
- 13 (上部の) 冷却水路
- 14 (下部の) 冷却水路
- 15 冷却水供給口
- 16 冷却水排出口
- 21 異種物質充填部
- 22 異種物質充填部

30

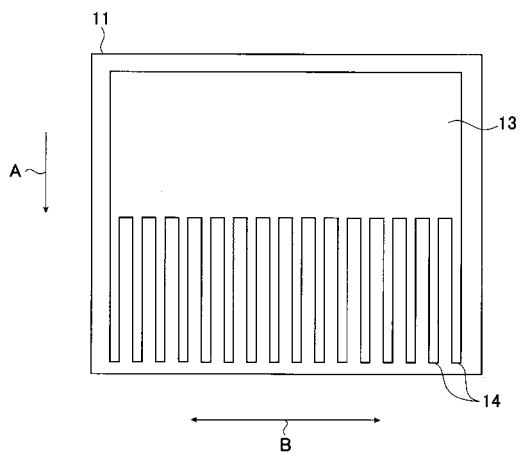
【図 1】



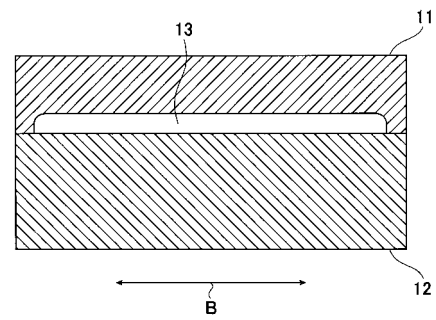
【図 2】



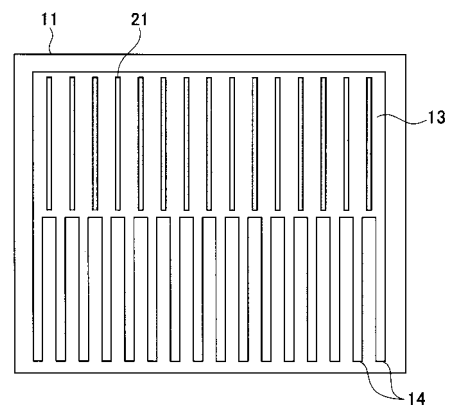
【図 3】



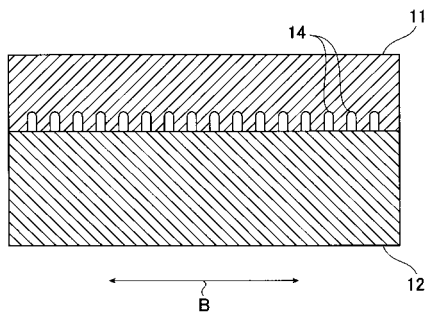
【図 5】



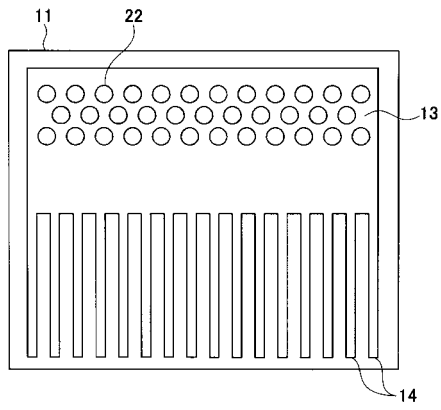
【図 6】



【図 4】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
B 2 2 D 11/16 1 0 4 A

(72)発明者 三原 亮祐
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F Eスチール株式会社内
(72)発明者 小田垣 智也
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F Eスチール株式会社内
(72)発明者 荒牧 則親
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F Eスチール株式会社内
Fターム(参考) 4E004 AA04 AA06 AA10 AC01 MC11 NA01 NB01 NC01 TB07