

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6573060号
(P6573060)

(45) 発行日 令和1年9月11日(2019.9.11)

(24) 登録日 令和1年8月23日(2019.8.23)

(51) Int.Cl.

F 1

C 2 2 C 38/00 (2006.01)
C 2 2 C 38/04 (2006.01)
C 2 2 C 38/58 (2006.01)
C 2 1 D 8/02 (2006.01)

C 2 2 C 38/00 3 0 1 Z
C 2 2 C 38/00 3 0 2 Z
C 2 2 C 38/04
C 2 2 C 38/58
C 2 1 D 8/02

B

請求項の数 3 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2019-527570 (P2019-527570)
(86) (22) 出願日 平成30年11月20日(2018.11.20)
(86) 国際出願番号 PCT/JP2018/042875
審査請求日 令和1年5月22日(2019.5.22)
(31) 優先権主張番号 特願2017-253966 (P2017-253966)
(32) 優先日 平成29年12月28日(2017.12.28)
(33) 優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 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 100147485
弁理士 杉村 憲司
(74) 代理人 230118913
弁護士 杉村 光嗣
(74) 代理人 100165696
弁理士 川原 敬祐
(74) 代理人 100179589
弁理士 酒匂 健吾
(72) 発明者 黒沼 洋太
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】 クラッド鋼板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

母材鋼板の片面に、耐食性合金からなる合せ材が接合されているクラッド鋼板であって、

上記母材鋼板が、質量％で、
C : 0.02 ~ 0.10 %、
Si : 1.00 % 以下、
Mn : 0.50 ~ 2.00 %、
P : 0.030 % 以下および
S : 0.020 % 以下

を含有し、かつ、Ceq が 0.20 ~ 0.50 であり、残部が Fe 及び不可避免の不純物からなる成分組成を有し、

また、上記母材鋼板の表層部の組織が、面積率で、ベイナイト相および／またはマルテンサイト相を合計で 80 % 以上含み、かつ、上記母材鋼板の内部の組織が、面積率で、フェライト相を 30 % 以上含み、

上記母材鋼板の表層部の硬度と内部の硬度との差がビッカース硬度で 20 以上 80 以下である、クラッド鋼板。

ここで、Ceq は次式(1)により定義される。

$$Ceq = C + Mn / 6 + (Cu + Ni) / 15 + (Cr + Mo + V) / 5 \dots (1)$$

式中、C、Mn、Cu、Ni、Cr、MoおよびVは、母材鋼板の成分組成における各元素の含有量（質量％）である。

また、母材鋼板の表層部の組織および硬度はそれぞれ、合せ材が接合されていない側の面から板厚方向に深さ：1mmの位置で測定される組織および硬度とする。また、母材鋼板の内部の組織および硬度はそれぞれ、母材鋼板と合せ材の接合界面から板厚方向に深さ：1mmの位置で測定される組織および硬度とする。

【請求項2】

前記母材鋼板の成分組成が、さらに、質量％で、

Ni：0.01～1.00％、

Cr：0.01～0.50％、

Mo：0.01～0.50％、

V：0.001～0.100％、

Nb：0.005～0.050％、

Ti：0.005～0.100％、

Al：0.005～0.200％、

Cu：0.01～0.70％、

Ca：0.0003～0.0050％、

B：0.0003～0.0030％および

REM：0.0003～0.0100％

から選ばれる1種または2種以上を含有する、請求項1に記載のクラッド鋼板。

【請求項3】

前記耐食性合金が、ステンレス鋼である、請求項1または2に記載のクラッド鋼板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ケミカルタンカーなどで用いられるクラッド鋼板に関する。

【背景技術】

【0002】

クラッド鋼板とは、2種類以上の異なる性質の金属を貼り合わせた鋼板、例えば、炭素鋼などのいわゆる普通鋼材からなる母材鋼板に、高い耐食性を示す高合金鋼材からなる合せ材を張り合わせた鋼板である。すなわち、クラッド鋼板は、異種金属を金属学的に接合させたものであり、めっきとは異なり剥離する心配がない。また、クラッド鋼板は、単一の金属や合金では達し得ない種々の特性が得られる。

【0003】

例えば、合せ材として使用環境に応じた耐食性を有する鋼材を選択することにより、高価な合金元素の使用量を抑えつつ無垢材と同等の耐食性を確保することができる。また、母材鋼板には、高強度かつ高靱性の炭素鋼や低合金鋼を適用することができる。

このように、クラッド鋼板では、高価な合金元素の使用量を抑えつつ無垢材と同等の耐食性が得られ、また、同時に炭素鋼や低合金鋼と同等の強度および靱性を確保できるので、クラッド鋼板は、経済性と機能性とを両立できるという利点を有する。

【0004】

このため、高合金鋼材を合せ材に用いたクラッド鋼板は、非常に有益な機能性鋼材であると考えられており、近年、そのニーズが各種産業分野で益々高まっている。

【0005】

このようなクラッド鋼板に関する技術として、例えば、特許文献1には、

「二相ステンレス鋼を合わせ材とし、かつ重量％でC：0.02～0.15％、Si：0.5％以下、Mn：0.8～2％、Ni：1％以下、Cu：0.2～1％、Mo：0.15％以下、V：0.06％以下、Ti：0.008～0.04％、Al：0.01～0.07％、N：0.003～0.015％を含有し、残部がFeおよび不可避不純物からな

10

20

30

40

50

る鋼を母材とすることを特徴とする二相ステンレスクラッド鋼」が開示されている。

【0006】

また、特許文献2には、

「C:0.03重量%以下を含有するオーステナイト系ステンレス鋼またはオーステナイト系Ni基合金からなる合せ材と、C:0.08重量%以下を含有する炭素鋼または低合金鋼からなる母材とから非対称クラッドスラブを組立て、該非対称クラッドスラブを、1050℃以上の温度域に加熱し、850～1000℃の温度域で30%以上の累積圧下を加えた後、750～850℃の温度域で30%以上の累積圧下を加えて750℃以上800℃未満の温度域で圧延を終了し、その後空冷することを特徴とする高強度および高靱性クラッド鋼板の製造法。」

10

【0007】

さらに、特許文献3には、加速冷却停止後、直ちに0.5℃/s以上の昇温速度で550～750℃の温度まで再加熱を実施し、未変態オーステナイト中へCを濃化させることで、軟質なベイナイトに硬質なマルテンサイトを含んだ複合組織の低降伏比クラッド鋼板、が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平7-292445号公報

20

【特許文献2】特開平5-154672号公報

【特許文献3】特開2015-224376号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところで、クラッド鋼板には、加工性などの点から延性も求められ、ケミカルタンカーの部材など、複雑な形状への加工が必要な用途では、延性は、特に重要な特性となる。

しかし、特許文献1のクラッド鋼や特許文献2に開示される鋼板および特許文献3のクラッド鋼では、延性については考慮が払われていない。

このため、高強度および高靱性に加え、優れた延性を有するクラッド鋼板の開発が望まれているのが現状である。

30

【0010】

本発明は、上記の現状に鑑み開発されたものであって、高強度と高靱性を確保しつつ、延性にも優れるクラッド鋼板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】

【0011】

さて、発明者らは、上記の課題を解決すべく種々検討を重ね、以下の知見を得た。

(A) クラッド鋼板の製造工程では、母材鋼板と合せ材を接合するにあたり、高温での圧下が行われるが、延性の向上の観点からは、母材鋼板の成分組成を適正に調整したうえで、この圧下直後に、母材鋼板の表層部と内部とでそれぞれ異なる冷却速度となるように冷却条件を制御し、母材鋼板の表層部では、ベイナイト相およびマルテンサイト相を主体とする硬質な組織を形成する一方、母材鋼板の内部では、フェライト相を一定量以上有する軟質な組織を形成することが有効である、

40

(B) しかし、母材鋼板の表層部を硬質な組織とし、内部を軟質な組織とするだけでは、特に、降伏応力を超える引張応力が加わるときの伸びが十分とは言えず（換言すれば、弾性範囲を超えて破断に至るまでの塑性変形範囲が短く）、なお満足いくほどの十分な延性は得られなかった、

(C) この点を解決すべく検討を重ねたところ、延性、特に、弾性範囲を超えて破断に至るまでの塑性変形範囲における伸びには、母材鋼板の板厚方向における硬度差が大きく影響する、すなわち、母材鋼板の表層部と内部の硬度差が大きくなり過ぎると、降伏応力を

50

超える引張応力が加えられたときに、歪の局在化によるネッキング現象が早期に発生し、これにより、早期に破断に至ることがわかった、

(D) この点を基にさらに検討を重ねたところ、上記のように、母材鋼板の表層部を硬質な組織とし、内部を軟質な組織としたうえで、適正な条件で焼き戻し処理を行い、母材鋼板の表層部の硬度と内部の硬度との差をビッカース硬度で20以上80以下とすることが重要であり、これによって、所望とする強度を確保しつつ、歪の局在化が生じ難くなって、延性が一層向上する、との知見を得た。

本発明は、上記の知見に基づき、さらに検討を加えた末に完成されたものである。

【0012】

10

すなわち、本発明の要旨構成は次のとおりである。

1. 母材鋼板の片面に、耐食性合金からなる合せ材が接合されているクラッド鋼板であって、

上記母材鋼板が、質量%で、

C : 0.02 ~ 0.10 %、

Si : 1.00 % 以下、

Mn : 0.50 ~ 2.00 %、

P : 0.030 % 以下および

S : 0.020 % 以下

を含有し、かつ、Ceq が 0.20 ~ 0.50 であり、残部が Fe 及び不可避免的不純物からなる成分組成を有し、

20

また、上記母材鋼板の表層部の組織が、面積率で、ベイナイト相および／またはマルテンサイト相を合計で80%以上含み、かつ、上記母材鋼板の内部の組織が、面積率で、フェライト相を30%以上含み、

上記母材鋼板の表層部の硬度と内部の硬度との差がビッカース硬度で20以上80以下である、クラッド鋼板。

ここで、Ceq は次式(1)により定義される。

$$Ceq = C + Mn / 6 + (Cu + Ni) / 15 + (Cr + Mo + V) / 5 \quad \dots (1)$$

式中、C、Mn、Cu、Ni、Cr、Mo および V は、母材鋼板の成分組成における各元素の含有量(質量%)である。

30

また、母材鋼板の表層部の組織および硬度はそれぞれ、合せ材が接合されていない側の面から板厚方向に深さ: 1mm の位置で測定される組織および硬度とする。また、母材鋼板の内部の組織および硬度はそれぞれ、母材鋼板と合せ材の接合界面から板厚方向に深さ: 1mm の位置で測定される組織および硬度とする。

【0013】

2. 前記母材鋼板の成分組成が、さらに、質量%で、

Ni : 0.01 ~ 1.00 %、

Cr : 0.01 ~ 0.50 %、

Mo : 0.01 ~ 0.50 %、

V : 0.001 ~ 0.100 %、

Nb : 0.005 ~ 0.050 %、

Ti : 0.005 ~ 0.100 %、

Al : 0.005 ~ 0.200 %、

Cu : 0.01 ~ 0.70 %、

Ca : 0.0003 ~ 0.0050 %、

B : 0.0003 ~ 0.0030 % および

REM : 0.0003 ~ 0.0100 %

40

から選ばれる1種または2種以上を含有する、前記1に記載のクラッド鋼板。

【0014】

50

3. 前記耐食性合金が、ステンレス鋼である、前記1または2に記載のクラッド鋼板。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、耐食性はもとより、高強度と高靱性を確保しつつ、延性にも優れるクラッド鋼板が得られる。

また、上記のクラッド鋼板は、延性に優れるので、ケミカルタンカーの部材など、複雑な形状への加工が必要な用途に適用して特に有利である。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】図1は、クラッドスラブの断面を説明するための概略図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明を具体的に説明する。

本発明は、母材鋼板の片面に、耐食性合金からなる合せ材が接合されているクラッド鋼板を対象とするものである。なお、クラッド鋼板の板厚は特に限定されないが、6～45mmが好適である。また、母材鋼板および合せ材の板厚はそれぞれ、5～40mm程度および1～5mmが好適である。

まず、本発明のクラッド鋼板における母材鋼板の成分組成について説明する。なお、成分組成における単位はいずれも「質量%」であるが、以下、特に断らない限り、単に「%」で示す。

20

【0018】

1. 母材鋼板の成分組成

C: 0.02～0.10%

Cは、鋼の強度を向上させる元素である。このような効果を得るために、Cを0.02%以上含有させる。しかし、C含有量が0.10%を超えると、溶接性および靱性の劣化を招く。したがって、C含有量は0.02～0.10%とする。好ましくは0.02～0.08%、より好ましくは0.02～0.07%である。

【0019】

Si: 1.00%以下

Siは、脱酸に有効であり、また鋼の強度を向上させる元素である。このような効果を得るため、Siを0.01%以上含有させる。しかし、Si含有量が1.00%を超えると、鋼の表面性状および靱性の劣化を招く。したがって、Si含有量は1.00%以下とする。好ましくは0.10～0.70%、より好ましくは0.10～0.50%である。

30

【0020】

Mn: 0.50～2.00%

Mnは、鋼の強度を向上させる元素である。このような効果を得るために、Mnを0.50%以上含有させる。しかし、Mn含有量が2.00%を超えると、溶接性が劣化するとともに、合金コストが増大する。したがって、Mn含有量は0.50～2.00%とする。好ましくは0.80～1.80%、より好ましくは1.00～1.80%である。

【0021】

P: 0.030%以下

Pは、鋼中の不可避的不純物であり、特に、P含有量が0.030%を超えると、靱性が劣化する。したがって、P含有量は0.030%以下とする。好ましくは0.0001～0.020%である。

40

【0022】

S: 0.020%以下

Sは、Pと同様、鋼中の不可避的不純物であり、特に、S含有量が0.020%を超えると、靱性が劣化する。したがって、S含有量は0.020%以下とする。好ましくは0.0001～0.010%である。

【0023】

50

$Ceq : 0.20 \sim 0.50$

Ceq は次式(1)により定義される鋼の焼き入れ性指標であり、所望の組織、ひいては所望の強度および靱性を得るため、 Ceq を適正な範囲とすることが必要である。ここで、 Ceq を0.20以上とすることで、十分な焼き入れ性が確保され、所望の強度が確保される。しかし、 Ceq が0.50を超えると、母材鋼板の表層部の組織が過度に硬質化して、靱性が劣化する。したがって、 Ceq は0.20～0.50とする。好ましくは0.25～0.40である。

$$Ceq = C + Mn / 6 + (Cu + Ni) / 15 + (Cr + Mo + V) / 5 \quad \dots (1)$$

式中、C、Mn、Cu、Ni、Cr、MoおよびVは、母材鋼板の成分組成における各元素の含有量(質量%)である。なお、C、Mn、Cu、Ni、Cr、Moおよび/またはVが、母材鋼板の成分組成に含有されていない場合には、それぞれ「0」として計算すればよい。

【0024】

また、上記した基本成分に加えて、さらに、Ni : 0.01～1.00%、Cr : 0.01～0.50%、Mo : 0.01～0.50%、V : 0.001～0.100%、Nb : 0.005～0.050%、Ti : 0.005～0.100%、Al : 0.005～0.200%、Cu : 0.01～0.70%、Ca : 0.0003～0.0050%、B : 0.0003～0.0030%およびREM : 0.0003～0.0100%から選ばれる1種または2種以上を含有させてもよい。

【0025】

Ni : 0.01～1.00%

Niは、鋼の焼き入れ性を向上させるとともに、靱性の改善に効果的な元素である。その効果は、Niを0.01%以上含有させることで発現する。しかし、Ni含有量が1.00%を超えると、溶接性が劣化し、合金コストも増大する。したがって、Niを含有させる場合、Ni含有量は0.01～1.00%とする。より好ましくは0.01～0.50%である。

【0026】

Cr : 0.01～0.50%

Crは、鋼の焼入れ性を向上させる元素であり、圧延後の鋼の強度および靱性を向上させる。その効果は、Crを0.01%以上含有させることで発現する。しかし、Cr含有量が0.50%を超えると、溶接性および靱性の劣化を招く。したがって、Crを含有させる場合、Cr含有量は0.01～0.50%とする。より好ましくは0.01～0.30%である。

【0027】

Mo : 0.01～0.50%

Moは、Crと同様、鋼の焼入れ性を向上させる元素であり、圧延後の鋼の強度および靱性を向上させる。その効果は、Moを0.01%以上含有させることで発現する。しかし、Mo含有量が0.50%を超えると、溶接性および靱性の劣化を招く。したがって、Moを含有させる場合、Mo含有量は0.01～0.50%とする。より好ましくは0.01～0.30%である。

【0028】

V : 0.001～0.100%

Vは、炭窒化物を形成することで、鋼の強度を向上させる。その効果は、Vを0.001%以上含有させることで発現する。しかし、V含有量が0.100%を超えると、靱性が劣化する。したがって、Vを含有させる場合、V含有量は0.001～0.100%とする。より好ましくは0.005～0.050%である。

【0029】

Nb : 0.005～0.050%

Nbは、Vと同様、炭窒化物を形成することで、鋼の強度を向上させる。その効果は、

10

20

30

40

50

Nbを0.005%以上含有させることで発現する。しかし、Nb含有量が0.050%を超えると、靱性が劣化する。したがって、Nbを含有させる場合、Nb含有量は0.005~0.050%とする。より好ましくは0.005~0.030%である。

【0030】

Ti: 0.005~0.100%

Tiは、炭窒化物を形成して結晶粒を微細化することにより、鋼の強度および靱性を向上させる。その効果は、Tiを0.005%以上含有させることで発現する。しかし、Ti含有量が0.100%を超えると、溶接部を含めた鋼の靱性が劣化する。したがって、Tiを含有させる場合、Ti含有量は0.005~0.100%とする。より好ましくは0.005~0.050%である。

10

【0031】

Al: 0.005~0.200%

Alは、脱酸剤として添加され、その含有量を0.005%以上とすることで脱酸効果が得られる。しかし、Al含有量が0.200%を超えると、溶接部の靱性の劣化を招く。したがって、Alを含有させる場合、Al含有量は0.005~0.200%とする。より好ましくは0.005~0.100%である。

【0032】

Cu: 0.01~0.70%

Cuは、鋼の焼入れ性を向上させる元素であり、圧延後の鋼の強度および靱性を向上させる。その効果は、Cuを0.01%以上含有させることで発現する。しかし、Cu含有量が0.70%を超えると、溶接性および靱性の劣化を招く。したがって、Cuを含有させる場合、Cu含有量は0.01~0.70%とする。より好ましくは0.01~0.50%である。

20

【0033】

Ca: 0.0003~0.0050%

Caは、溶接熱影響部の組織を微細化し、靱性を向上させる。その効果は、Caを0.0003%以上含有させることで発現する。しかし、Ca含有量が0.0050%を超えると、粗大な介在物を形成して靱性が劣化する。したがって、Caを含有させる場合、Ca含有量は0.0003~0.0050%とする。より好ましくは0.0003~0.0030%である。

30

【0034】

B: 0.0003~0.0030%

Bは、焼き入れ性を向上させ、圧延後の鋼の強度および靱性を向上させる。その効果は、Bを0.0003%以上含有させることで発現する。しかし、B含有量が0.0030%を超えると、溶接部の靱性が劣化する。したがって、Bを含有させる場合、B含有量は0.0003~0.0030%とする。より好ましくは0.0003~0.0020%である。

【0035】

REM: 0.0003~0.0100%

REMは、Caと同様、溶接熱影響部の組織を微細化し、靱性を向上させる。その効果は、REMを0.0003%以上含有させることで発現する。しかし、REM含有量が0.0100%を超えると、粗大な介在物が形成して靱性が劣化する。したがって、REMを含有させる場合、REM含有量は0.0003~0.0100%とする。より好ましくは0.0003~0.0080%である。

40

【0036】

上記以外の成分はFeおよび不可避免的不純物である。

【0037】

2. 母材鋼板の鋼組織

また、本発明では、クラッド鋼板を構成する母材鋼板の表層部の組織を、面積率で、ベイナイト相および／またはマルテンサイト相を合計で80%以上含む組織とし、かつ、母

50

材鋼板の内部の組織を、面積率で、フェライト相を30%以上含む組織とすることが重要である。

ここで、母材鋼板の表層部の組織は、合せ材が接合されていない側の面から板厚方向に深さ：1mmの位置で測定される組織とする。

また、母材鋼板の内部の組織は、母材鋼板と合せ材の接合界面から板厚方向に深さ：1mmの位置で測定される組織とする。

以下、母材鋼板の表層部および内部の組織について、説明する。

【0038】

母材鋼板の表層部の組織：ベイナイト相およびマルテンサイト相の面積率を合計で80%以上

10

クラッド鋼板全体の強度を確保するためには、母材鋼板の表層部では、硬度が高いことが望ましい。このため、母材鋼板の表層部の硬質相におけるベイナイト相およびマルテンサイト相の面積率を合計で80%以上とする。好ましくは90%以上である。上限については特に限定されず、100%であってもよい。

また、ベイナイト相およびマルテンサイト相以外の残部組織としては、フェライト相やパーライト相などが含まれていてもよく、これらの残部組織の合計の面積率が20%以下であれば許容できる。好ましくは10%以下である。なお、残部組織の面積率は0%であってもよい。

【0039】

母材鋼板の内部の組織：フェライト相の面積率を30%以上

20

クラッド鋼板全体の延性と靱性を確保するためには、母材鋼板の内部は軟質であることが望ましい。このため、母材鋼板の内部の組織では、フェライト相の面積率を30%以上とする必要がある。好ましくは35%以上である。より好ましくは40%以上である。上限については特に限定されるものではないが、全体の強度を確保する観点から、フェライト相の面積率の上限は95%程度とすることが好ましい。

また、フェライト相以外の残部組織としては、ベイナイト相やマルテンサイト相などが含まれていてもよく、これらの残部組織の合計の面積率が70%以下であれば許容できる。好ましくは65%以下、より好ましくは60%以下である。なお、残部組織の合計の面積率の下限は5%程度とすることが好ましい。

【0040】

30

なお、マルテンサイト相およびベイナイト相にはそれぞれ、いわゆる焼き戻しマルテンサイトおよび焼き戻しベイナイトも含まれる。

【0041】

3. 母材鋼板の表層部の硬度と内部の硬度との差：ビッカース硬度で20以上80以下

上述したように、母材鋼板の延性、特に、弾性範囲を超えて破断に至るまでの塑性変形範囲における伸びには、母材鋼板の板厚方向における硬度差が大きく影響している。硬質な母材鋼板の表層部と軟質な母材鋼板の内部との硬度差が大きくなり過ぎると、降伏応力を超える引張応力が加えられたときに、歪の局在化によるネッキング現象が早期に発生し、これにより、早期に破断に至る。そのため、母材鋼板の表層部の硬度と内部の硬度との差を、ビッカース硬度で80以下とする必要がある。好ましくは60以下である。

40

ただし、母材鋼板の表層部の硬度と内部の硬度との差が小さくなり過ぎると、強度と延性を両立させることが困難となる。このため、母材鋼板の表層部の硬度と内部の硬度との差は20以上とする。好ましくは25以上、より好ましくは30以上である。

ここで、母材鋼板の表層部の硬度は、合せ材が接合されていない側の面から板厚方向に深さ：1mmの位置で測定される硬度とする。また、母材鋼板の内部の硬度は、母材鋼板と合せ材の接合界面から板厚方向に深さ：1mmの位置で測定される硬度とする。

【0042】

4. 合せ材

本発明のクラッド鋼板では、母材鋼板の片面に、耐食性合金からなる合せ材が接合されている。

50

ここで、耐食性合金としては、ステンレス鋼（例えば、J I Sで規定されるS U S 3 0 4、S U S 3 0 4 L、S U S 3 1 6およびS U S 3 1 6 L等のオーステナイト系ステンレス鋼や、J I Sで規定されるS U S 3 2 9 J 1やS U S 3 2 9 J 3 L、S U S 3 2 9 J 4 L、S U S 3 2 3 L、S U S 8 2 1 L 1、S U S 3 2 7 L 1等のオーステナイトフェライト系二相ステンレス鋼（以下、二相ステンレス鋼ともいう））、および、ニッケル基金（例えば、J I Sで規定されるN C F 6 2 5やN C F 8 2 5）などが挙げられ、用途等に応じて適宜選択すればよい。例えば、ケミカルタンカーのカーゴタンク用途には、オーステナイト系ステンレス鋼（S U S 3 1 6 L）や二相ステンレス鋼などが好適である。

【0043】

5. 製造方法

次に、本発明のクラッド鋼板の好適製造方法について説明する。

まず、上記した母材鋼板の成分組成を有する母材鋼板の素材と、耐食性合金からなる合せ材の素材とを積層してなるスラブを準備する。なお、母材鋼板の素材は、常法により溶製すればよい。

図1に、例としてクラッドスラブ10の断面図を示す。図1に示したように、母材鋼板の素材1と合せ材の素材2を積層したものを、合せ材の素材同士が対向するように重ね合わせることで、クラッドスラブ10を形成することができる。この際、合せ材の素材2と合せ材の素材2との間には剥離剤3を塗布することができる。剥離剤3としては、特に限定されないが、 Al_2O_3 のように比較的安価であり、十分な剥離性を有していることが好ましい。なお、図1中、符号4はスペーサー、6は溶接部である。

このように母材鋼板の素材と合せ材の素材との組合せを、合せ材の素材同士が対向するように積層して重ね合わせると、製造にあたって効率的であり、有利である。なお、冷却時の反りなどを考慮すると、母材鋼板の素材同士および合せ材の素材同士はそれぞれ等厚であることが好ましい。

【0044】

ついで、上記のスラブを、スラブ厚の1/2位置の温度で1000℃以上の温度域に加熱したのち、該スラブに、圧下比：2.0以上となる圧延を施して母材鋼板と合せ材とからなるクラッド圧延材とする。

ここで、加熱温度が1000℃未満になると、高温域での圧延量が十分に確保できず、接合性が劣化する。したがって、合せ材の耐食性の確保、および、合せ材と母材鋼板との接合性の確保の観点から、加熱温度は1000℃以上とすることが好ましい。より好ましくは1050℃以上である。ただし、加熱温度が1300℃を超えると、結晶粒が粗大化して、母材鋼板の靱性の劣化を招くおそれがあるので、加熱温度は1300℃以下とすることが好ましい。

また、母材鋼板と合せ材の接合では、高温で圧下することにより金属相互の結合力が得られ、圧下比を2.0以上とすることで母材鋼板と合せ材とを良好に接合することができる。また、圧下比を2.0以上とすることで、母材鋼板の結晶粒が細粒化され、母材鋼板の靱性が向上する。好ましくは3.0以上である。また、圧下比の上限については特に限定されるものではないが、通常、20.0程度である。

なお、圧下比とは、（圧延前の）スラブの厚さ／（圧延後の）クラッド圧延材の厚さである。

また、合せ材の析出物生成を回避し、耐食性を担保する目的からは、圧延終了時の鋼板表面の温度が900℃以上であることが望ましい。

【0045】

ついで、クラッド圧延材を、母材鋼板の表面（合せ材が接合されていない側の母材鋼板の表面）における冷却速度が30℃/s以上（好ましくは40℃/s以上）で、かつ、母材鋼板の内部における冷却速度が15℃/s以下（好ましくは10℃/s以下）となるように、母材鋼板の表面（合せ材が接合されていない側の母材鋼板の表面）における温度が A_{r3} 点以下となるまで冷却する。

なお、 A_{r3} 点は次式（2）で計算される値とする。

$$A r_3 \text{ (}^\circ\text{C)} = 868 - 396C + 25Si - 68Mn - 21Cu - 36Ni - 25Cr - 30Mo \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

ここで、(2) 式中の各元素記号は鋼板中の各元素の含有量（質量％）であり、当該元素を含有しない場合は0として計算とする。

合せ材の析出物生成を回避し、耐食性を担保する目的からは、冷却開始温度は850℃以上であることが望ましい。

なお、母材鋼板の内部における冷却速度の下限は特に限定されるものではないが、通常0.5℃/s程度である。

また、冷却停止温度の下限は特に限定されるものではないが、母材鋼板の内部における温度で通常200℃以上である。

このような冷却を行うことで、母材鋼板の表層部の組織を、面積率で、ベイナイト相および／またはマルテンサイト相を合計で80％以上含む組織とし、かつ、母材鋼板の内部の組織が、面積率で、フェライト相を30％以上含む組織とすることができる。

【0046】

なお、上記の冷却を行うには、母材鋼板および合せ材の板厚やスラブの形態などを考慮して、冷却方法および冷却条件を設定する必要がある。

例えば、母材鋼板の素材／合せ材の素材／合せ材の素材／母材鋼板の素材の順に積層したスラブを使用して得たクラッド圧延材（クラッド圧延材の各母材鋼板の厚さが10mm、各合せ材の厚さが3mm）の場合、水冷により、クラッド圧延材を両側から冷却し、クラッド圧延材の表面（合せ材が接合されていない側の母材鋼板の表面）における冷却速度を30℃/s以上50℃/s以下とすることで、母材鋼板の内部における冷却速度を15℃/s以下に制御することができる。

なお、母材鋼板の表面（合せ材が接合されていない側の母材鋼板の表面）の温度は放射温度計や熱電対などにより測定することができる。また、母材鋼板の内部の温度は、板厚、表面温度および冷却条件などから、シミュレーション計算などにより求められる。例えば、差分法を用い、板厚方向の温度分布を計算することにより、母材鋼板の内部の温度が求められる。母材鋼板の表面および内部の冷却速度は、上述のように求められた温度から計算することができる。

【0047】

ついで、得られたクラッド圧延材に、焼き戻し温度：550～750℃、保持時間：100分以下の焼き戻し処理を施す。このような条件の焼き戻し処理を行うことで、母材鋼板の表層部における硬度が低下して、表層部の硬度と内部の硬度との差が小さくなり、その結果、母材鋼板の延性が向上する。

そのため、焼き戻し温度は550～750℃、保持時間は100分以下とする。好ましい焼き戻し温度は600～700℃である。また、好ましい保持時間は1～60分である。

また、ここでいう焼き戻し温度は、クラッド圧延材の母材鋼板部分における板厚方向の板厚1/2位置での温度である。

【0048】

なお、母材鋼板の素材／合せ材の素材／合せ材の素材／母材鋼板の素材の順に積層したスラブを用いた場合、得られたクラッド圧延材について、剥離剤を塗布した合せ材－合せ材間を剥離することで最終製品板とする。

【実施例】

【0049】

表1に示す成分成分（残部はFeおよび不可避免的不純物）の母材鋼板の素材と、表2に示す成分組成（残部はFeおよび不可避免的不純物）となるオーステナイト系ステンレス鋼あるいはオーステナイト・フェライト系ステンレス鋼の合せ材の素材とを、母材鋼板の素材（厚さ：60mm）／合せ材の素材（厚さ：18mm）／合せ材の素材（厚さ：18mm）／母材鋼板の素材（厚さ：60mm）の順に積層したスラブに、表3に示す条件で圧延を施してクラッド圧延材とし、ついで、得られたクラッド圧延材に、表3に示す条件で

A_r3点以下の温度までの冷却および焼き戻しを施したのち、合せ材－合せ材間を剥離して、クラッド鋼板を得た。ここで、焼き戻し時間はいずれも10分とした。なお、表3の製造条件イは、一般的な焼き入れ・焼き戻しプロセスであり、具体的には、クラッド圧延材を、圧延後に冷却したのち、900℃に再加熱し、再加熱後に水冷を行って室温まで冷却し、その後、再度、550℃まで加熱して、その温度で10分間保持するものである。

【0050】

かくして得られたクラッド鋼板から、種々の試験片を採取し、以下の要領で、(1)金属組織観察、(2)硬さ試験、(3)引張試験、(4)靱性の評価、および(5)耐食性の評価を実施した。これらの結果を表4に示す。

【0051】

10

(1) 金属組織観察

得られたクラッド鋼板から、母材鋼板の表面に平行な面が観察面となるように、組織観察用試験片を採取する。ついで、観察面を研磨し、3vol%ナイトール液で腐食して組織を現出し、組織を走査型電子顕微鏡(倍率:3000倍)で観察し、撮像する。得られた組織写真から、画像解析により、組織を同定する。

具体的には、母材鋼板の表面(合せ材が接合されていない側)から板厚方向に深さ:1mmの位置において、上記の金属組織観察を10視野で行い、各視野での組織写真中の各相の占有面積率の平均値を、母材鋼板の表層部における各相の面積率とする。

また、母材鋼板と合せ材の接合界面から板厚方向に深さ:1mmの位置において、上記の金属組織観察を10視野で行い、各視野での組織写真中の各相の占有面積率の平均値を、母材鋼板の内部における各相の面積率とする。

20

【0052】

(2) 硬さ試験

母材鋼板の表層部の硬度と内部の硬度との差は、ビッカース試験により測定した。具体的には、クラッド鋼板の圧延方向に平行な板厚断面(L断面)が測定面となるように、母材鋼板から試験片を採取した。そして、採取した試験片を用い、母材鋼板の表層部の硬度および内部の硬度として、それぞれ、母材鋼板の表面(合せ材が接合されていない側)から板厚方向に深さ:1mmの位置、および、母材鋼板と合せ材の接合界面から板厚方向に深さ:1mmの位置で、ビッカース硬度を測定した。ここで、ビッカース硬度は、試験荷重:10kgfとしてJIS Z 2244に準拠して測定した。ついで、測定した表層部の硬度から内部の硬度を減じ、その値を、母材鋼板の表層部の硬度と内部の硬度との差とした。

30

【0053】

(3) 引張試験

母材の強度と伸びを引張試験により評価した。具体的には、クラッド鋼板から、合せ材部分を機械加工によって取り除き、母材鋼板部分からJIS 1A号の引張試験片を採取し、JIS Z 2241に準拠する引張試験を実施し、引張強さ(TS)および全伸び(El)を求めた。そして、引張強さ(TS)が490MPa以上のものを強度が良好と、また、全伸び(El)が16.0%以上のものを延性が良好であるとそれぞれ評価した。

40

【0054】

(4) 靱性の評価

靱性は、シャルピー衝撃試験によって評価した。具体的には、母材鋼板からシャルピー衝撃試験片(長さ:55mm×幅:10mm×高さ:10mm、ノッチ形状:(板厚方向断面に設けた)Vノッチ)を採取し、JIS Z 2242に準拠したシャルピー衝撃試験を行った。そして、-40℃におけるシャルピー衝撃試験で測定される吸収エネルギーが100Jを超えるものを靱性が良好であると評価した。

【0055】

(5) 耐食性の評価

耐食性は、硫酸・硫酸銅腐食試験によって評価した。具体的には、クラッド鋼板の合せ

50

材部分から1 mm×10 mm×70 mmの腐食試験片をそれぞれ採取し、採取した腐食試験片を用いて、JIS G 0575 (2012)に準拠した硫酸・硫酸銅腐食試験を実施した。そして、曲げ試験後の曲げ頂点に割れが生じていないものを耐食性が良好であると評価した。

【0056】

【表 1】

母材 No.	成分組成(質量%)																備考		
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Ti	Al	Cu	Ca	B	REM		Ceq	
1	0.05	0.16	1.35	0.012	0.007	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.28	適合鋼
2	0.10	0.19	1.68	0.016	0.005	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.38	適合鋼
3	0.02	0.43	1.75	0.009	0.006	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.31	適合鋼
4	0.10	0.97	1.25	0.005	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.31	適合鋼
5	0.06	0.10	1.34	0.013	0.009	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.28	適合鋼
6	0.05	0.21	1.98	0.017	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.38	適合鋼
7	0.09	0.27	0.82	0.006	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.23	適合鋼
8	0.04	0.34	1.36	0.029	0.012	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.27	適合鋼
9	0.05	0.35	1.38	0.003	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.28	適合鋼
10	0.05	0.46	1.49	0.009	0.020	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30	適合鋼
11	0.06	0.71	1.55	0.013	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.32	適合鋼
12	0.04	0.36	1.04	0.017	0.010	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.21	適合鋼
13	0.08	0.22	1.76	0.008	0.005	0.56	0.24	0.15	—	—	—	0.025	0.12	—	—	—	—	0.50	適合鋼
14	0.07	0.81	1.37	0.006	0.003	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30	適合鋼
15	0.04	0.65	1.49	0.013	0.005	—	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.29	適合鋼
16	0.04	0.33	1.38	0.009	0.003	—	—	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.27	適合鋼
17	0.03	0.24	1.33	0.011	0.006	—	—	—	0.003	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	適合鋼
18	0.06	0.46	1.62	0.013	0.007	—	—	—	—	0.007	—	—	—	—	—	—	—	0.33	適合鋼
19	0.07	0.58	1.34	0.007	0.003	—	—	—	—	—	0.006	—	—	—	—	—	—	0.29	適合鋼
20	0.06	0.64	1.48	0.009	0.002	—	—	—	—	—	—	0.007	—	—	—	—	—	0.31	適合鋼
21	0.05	0.32	1.39	0.006	0.003	—	—	—	—	—	—	—	0.02	—	—	—	—	0.28	適合鋼
22	0.05	0.77	1.38	0.007	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0004	—	—	—	0.28	適合鋼
23	0.07	0.26	1.29	0.008	0.005	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0003	—	—	0.29	適合鋼
24	0.06	0.17	1.27	0.004	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0003	—	0.27	適合鋼
25	0.11	0.42	1.59	0.003	0.003	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.38	比較鋼
26	0.06	0.26	0.76	0.005	0.003	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.19	比較鋼
27	0.10	0.47	1.89	0.005	0.002	0.25	0.31	0.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.52	比較鋼

【0 0 5 7】

10

20

30

40

【表 2】

【表2】

合せ材 記号	種類	成分組成(質量%)								
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N
A	SUS304L	0.02	0.52	1.05	0.010	0.008	10.2	18.5	—	—
B	SUS316L	0.02	0.35	1.13	0.016	0.012	12.4	17.5	2.2	—
C	SUS329J3L	0.02	0.31	0.81	0.020	0.001	5.6	22.5	3.2	0.16

【 0 0 5 8 】

【表 3】

製造条件 記号	スラブ 加熱温度 (°C)	圧下比	クラッド圧延材 における各母材 鋼板の厚さ (mm)	クラッド圧延材 における各合せ材 の厚さ (mm)	圧延後の冷却速度 (°C/s)		圧延後の 冷却方法	再加熱 温度 (°C)	再加熱後の 冷却方法	焼き戻し 温度 (°C)
					母材鋼板 表面	母材鋼板 内部				
ア	1200	6.0	10.0	3.0	35	8	水冷	—	—	600
イ	1200	6.0	10.0	3.0	2	0.3	空冷	900	水冷	550
ウ	1200	6.0	10.0	3.0	2	0.3	空冷	—	—	550
エ	1200	6.0	10.0	3.0	60	18	水冷	—	—	600
オ	1200	6.0	10.0	3.0	25	16	水冷	—	—	600

【 0 0 5 9 】

10

20

30

40

【表 4】

No.	母材 No.	合せ材 記号	製造条件 記号	(1) 金属組織観察				(2) 硬さ試験	(3) 引張試験		(4) 靱性の評価	(5) 耐食性 の評価	備考		
				母材鋼板表層部		母材鋼板内部			母材鋼板の 表層部硬度 と内部硬度 との差	TS (MPa)				EI (%)	vE (J)
				ベイナイト相と マルテンサイト相 の合計の面積率 (%)	残留組織	フェライト相 の面積率 (%)	残留組織								
1	1	A	A	87	フェライト相	43	ベイナイト相、パーライト相	60	505	18.2	203	割れなし	発明例		
2	2	B	A	92	フェライト相	37	ベイナイト相、パーライト相	51	507	17.1	196	割れなし	発明例		
3	3	A	A	90	フェライト相	40	ベイナイト相、パーライト相	55	498	18.6	209	割れなし	発明例		
4	4	B	A	89	フェライト相	41	ベイナイト相、パーライト相	59	492	17.9	213	割れなし	発明例		
5	5	A	A	87	フェライト相	44	ベイナイト相、パーライト相	63	503	17.3	221	割れなし	発明例		
6	6	B	A	93	フェライト相	36	ベイナイト相、パーライト相	46	507	18.9	156	割れなし	発明例		
7	7	A	A	85	フェライト相	49	ベイナイト相、パーライト相	68	505	17.8	208	割れなし	発明例		
8	8	B	A	87	フェライト相	45	ベイナイト相、パーライト相	65	505	16.7	197	割れなし	発明例		
9	9	A	A	87	フェライト相	43	ベイナイト相、パーライト相	57	497	19.2	196	割れなし	発明例		
10	10	B	A	89	フェライト相	41	ベイナイト相、パーライト相	59	496	17.2	212	割れなし	発明例		
11	11	A	A	90	フェライト相	40	ベイナイト相、パーライト相	59	501	16.8	209	割れなし	発明例		
12	12	B	A	80	フェライト相	51	ベイナイト相、パーライト相	65	490	19.8	196	割れなし	発明例		
13	13	A	A	97	フェライト相	30	ベイナイト相、マルテンサイト相	32	506	16.3	134	割れなし	発明例		
14	14	B	A	87	フェライト相	44	ベイナイト相、パーライト相	63	496	17.2	199	割れなし	発明例		
15	15	A	A	88	フェライト相	43	ベイナイト相、パーライト相	58	493	19.2	211	割れなし	発明例		
16	16	B	A	86	フェライト相	46	ベイナイト相、パーライト相	64	501	17.6	207	割れなし	発明例		
17	17	A	A	85	フェライト相	46	ベイナイト相、パーライト相	65	507	17.4	206	割れなし	発明例		
18	18	B	A	91	フェライト相	38	ベイナイト相、パーライト相	53	503	18.6	143	割れなし	発明例		
19	19	A	A	88	フェライト相	42	ベイナイト相、パーライト相	60	499	17.9	186	割れなし	発明例		
20	20	B	A	88	フェライト相	40	ベイナイト相、パーライト相	57	501	18.3	176	割れなし	発明例		
21	21	A	A	87	フェライト相	43	ベイナイト相、パーライト相	57	503	19.2	192	割れなし	発明例		
22	22	B	A	87	フェライト相	45	ベイナイト相、パーライト相	64	504	17.6	196	割れなし	発明例		
23	23	A	A	86	フェライト相	42	ベイナイト相、パーライト相	59	503	17.8	198	割れなし	発明例		
24	24	B	A	85	フェライト相	44	ベイナイト相、パーライト相	57	498	19.8	189	割れなし	発明例		
25	25	A	A	92	フェライト相	28	ベイナイト相、マルテンサイト相	30	500	15.8	79	割れなし	比較例		
26	26	B	A	78	フェライト相	52	ベイナイト相、パーライト相	78	461	17.1	202	割れなし	比較例		
27	27	A	A	97	フェライト相	27	ベイナイト相、マルテンサイト相	32	502	14.2	32	割れなし	比較例		
28	1	B	イ	93	フェライト相	43	ベイナイト相、パーライト相	63	501	18.4	197	割れあり	参考例		
29	1	A	ロ	90	フェライト相、パーライト相	68	パーライト相	15	443	22.4	206	割れあり	比較例		
30	1	A	ハ	90	フェライト相	28	ベイナイト相、マルテンサイト相	28	502	18.2	68	割れなし	比較例		
31	1	A	ニ	78	フェライト相	29	ベイナイト相、マルテンサイト相	18	472	20.2	65	割れなし	比較例		
32	1	C	フ	85	フェライト相	42	ベイナイト相、パーライト相	62	503	18.5	212	割れなし	発明例		

【0060】

表 4 より、発明例はいずれも、高強度と高靱性、さらには耐食性を確保しつつ、延性にも優れていることがわかる。

一方、No. 25では、母材鋼板のC含有量が多すぎるため、母材鋼板の内部において

10

20

30

40

50

十分な量のフェライト相が形成されず、延性および靱性に劣っていた。

No. 26では、母材鋼板のCeqが十分ではないため、焼き入れ性が不十分となって、十分な強度が得られなかった。

No. 27では、母材鋼板のCeqが大きすぎるため、母材鋼板の内部において十分な量のフェライト相が形成されず、靱性に劣っていた。また、延性にも劣っていた。

No. 28では、圧延後に冷却したクラッド鋼板を、900℃に再加熱したことに伴い、耐食性が劣化した。

No. 29では、圧延後の冷却における母材鋼板の表面での冷却速度が十分ではないため、母材鋼板の表層部において十分な量のベイナイト相およびマルテンサイト相が形成されず、強度に劣っていた。

10

No. 30では、圧延後の冷却における母材鋼板の内部での冷却速度が速すぎるため、母材鋼板の内部において十分な量のフェライト相が形成されず、靱性に劣っていた。

No. 31では、圧延後の冷却における表面での冷却速度が十分ではないため、母材鋼板の表層部において十分な量のベイナイト相およびマルテンサイト相が形成されず、強度に劣っていた。また、圧延後の冷却における母材鋼板の内部での冷却速度が速すぎるため、母材鋼板の内部において十分な量のフェライト相が形成されず、靱性に劣っていた。

【符号の説明】

【0061】

- 1 母材鋼板の素材
- 2 合せ材の素材
- 3 剥離剤
- 4 スペーサー
- 5 溶接部
- 10 クラッドスラブ

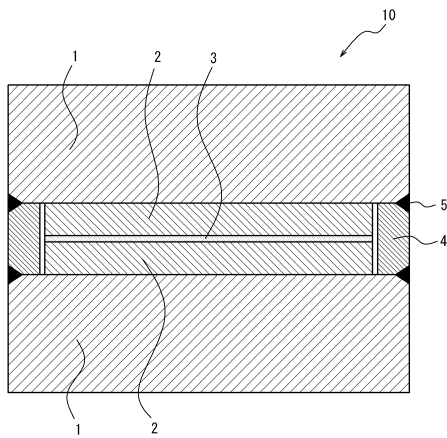
20

【要約】

母材鋼板の片面に、耐食性合金からなる合せ材が接合されているクラッド鋼板において、母材鋼板が所定の成分組成を有し、また、上記母材鋼板の表層部の組織が、面積率で、ベイナイト相および／またはマルテンサイト相を合計で80%以上含み、かつ、上記母材鋼板の内部の組織が、面積率で、フェライト相を30%以上含み、上記母材鋼板の表層部の硬度と内部の硬度との差をビッカース硬度で20以上80以下とすることにより、高強度と高靱性を確保しつつ、延性にも優れるクラッド鋼板を得る。

30

【図 1】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 2 1 D 8/02 D

(72)発明者 横田 智之
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 長谷 和邦
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

審査官 鈴木 葉子

(56)参考文献 国際公開第2015/059909 (WO, A1)
特開2009-233708 (JP, A)
特開平06-065686 (JP, A)
国際公開第2012/146384 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C 2 2 C 38/00-38/60
C 2 1 D 8/00- 8/10
C 2 1 D 9/00- 9/44, 9/50
C 2 1 D 9/46- 9/48
B 2 1 B 1/22, 1/38
B 2 1 C 37/00