

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4846308号  
(P4846308)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(51) Int.Cl.		F I
C 2 2 C 38/00	(2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 1 H
C 2 2 C 38/32	(2006.01)	C 2 2 C 38/32
C 2 1 D 8/02	(2006.01)	C 2 1 D 8/02 A

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2005-262297 (P2005-262297)	(73) 特許権者	000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(22) 出願日	平成17年9月9日(2005.9.9)	(74) 代理人	100105441 弁理士 田中 久喬
(65) 公開番号	特開2007-70713 (P2007-70713A)	(74) 代理人	100107892 弁理士 内藤 俊太
(43) 公開日	平成19年3月22日(2007.3.22)	(72) 発明者	齋藤 直樹 東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所内
審査請求日	平成20年3月7日(2008.3.7)	(72) 発明者	熊谷 達也 東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 使用中の硬さ変化が少ない高韌性耐摩耗鋼およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、

- C : 0 . 2 1 % ~ 0 . 3 0 %、
- S i : 0 . 3 0 ~ 1 . 0 0 %、
- M n : 0 . 5 5 ~ 0 . 7 0 %、
- P : 0 . 0 2 % 以下、
- S : 0 . 0 1 % 以下、
- C r : 0 . 1 ~ 2 . 0 %、
- M o : 0 . 1 ~ 1 . 0 %、
- B : 0 . 0 0 0 3 ~ 0 . 0 0 3 0 %、
- A l : 0 . 0 1 ~ 0 . 1 %、
- N : 0 . 0 1 % 以下

を含有し、残部が不可避免的不純物と F e であり、さらに、次式(1)で定義される M 値が

$$M : - 1 0 \sim 1 6$$

である成分を有することを特徴とする使用中の硬さ変化が少ない高韌性耐摩耗鋼。

$$M = 2 6 \times [ S i ] - 4 0 \times [ M n ] - 3 \times [ C r ] + 3 6 \times [ M o ] + 6 3 \times [ V ] \cdot \cdot \cdot ( 1 )$$

【請求項2】

さらに、質量%で、

V : 0 . 0 1 ~ 0 . 1 %、

を含有することを特徴とする請求項 1 記載の使用中の硬さ変化が少ない高靱性耐摩耗鋼。

【請求項 3】

さらに、質量%で、

REM : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 1 %

を含有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の使用中の硬さ変化が少ない高靱性耐摩耗鋼。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の化学成分を有する鋼を、熱間圧延し、その後 A c 3 点以上の温度から焼き入れることを特徴とする使用中の硬さ変化が少ない高靱性耐摩耗鋼板の製造方法。

10

【請求項 5】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の化学成分を有する鋼を、1000 ~ 1270 に加熱後、850 以上の温度で熱間圧延を終了した後、直ちに焼き入れることを特徴とする使用中の硬さ変化が少ない高靱性耐摩耗鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、建設機械、産業機械などで必要とされる HB 400 以上で HB 520 以下の硬さを有し、使用中の硬さの変化が少なく、かつ、靱性の優れた耐摩耗鋼およびその製造方法に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

耐摩耗鋼は言うまでもなく、長時間の安定した耐摩耗特性を有し、長期の使用に耐えることが求められる。耐摩耗鋼が使用中に環境から与えられる様々なダメージに対し、従来の発明では、耐遅れ割れ性や耐熱亀裂性、さらに、低温で使用される場合を想定した低温靱性などを改善したものが開示されている。

【0003】

例えば、耐遅れ割れ性の優れた鋼板の製造技術を提供するものとして、低 Mn 化による技術（例えば、特許文献 1 参照）が、さらに焼入れ後、200 ~ 500 の低温で焼き戻す処理方法を適用する技術（例えば、特許文献 2）が報告されている。耐熱亀裂性の優れた鋼の提供を目的として、Mn、Cr、Mo などの成分を限定した製造技術（例えば、特許文献 3 参照）が、さらに、低温靱性の優れた鋼の製造技術として、やはり、合金元素を主体としてそれらの成分系を限定する技術（例えば、特許文献 4、5、6 参照）が開示されている。

30

【0004】

上記の発明は、それぞれの目的にあった優れた発明ではあるが、一般の耐摩耗鋼に期待される最も基本的な特性である長期間に安定した硬さを維持できるか、すなわち、室温近くで長時間使用される材料の硬さの変化に着目した発明は現在のところ見あたらない。

【0005】

40

【特許文献 1】特開昭 60 - 59019 号公報

【特許文献 2】特開昭 63 - 317623 号公報

【特許文献 3】特開平 1 - 172514 号公報

【特許文献 4】特開 2001 - 49387 号公報

【特許文献 5】特開 2005 - 179783 号公報

【特許文献 6】特開 2004 - 10996 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年、省エネルギー、省資源の社会的な要請から、耐摩耗性や耐腐食性などの長期にわ

50

たり材料の機能を維持する必要がある特性に対し、さらなる長期間の安定性が求められている。特に、耐摩耗鋼では、様々な摩耗環境で使用されるが、一般に室温で使用される環境においても、摩耗面は摩擦熱により使用材料が室温から100程度に、しかも長時間にわたりさらされていることが知られている。しかしながら、このように室温よりわずかに高い温度域での耐摩耗鋼の特性、中でも硬さの変化は、ほとんど調べられておらず、本発明は、このような環境下で長期間使用中の硬さの変化が少ない高韌性耐摩耗鋼およびその製造方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上記の課題を解決するために、耐摩耗鋼において長時間安定した硬さを維持するために必要な技術を提供するために、なしたものであって、その骨子は、

(1) 質量%で、

C : 0.21% ~ 0.30%、

Si : 0.30 ~ 1.00%、

Mn : 0.55 ~ 0.70%、

P : 0.02%以下、

S : 0.01%以下、

Cr : 0.1 ~ 2.0%、

Mo : 0.1 ~ 1.0%、

B : 0.0003 ~ 0.0030%、

Al : 0.01 ~ 0.1%、

N : 0.01%以下

を含有し、残部が不可避的不純物とFeであり、さらに、次式(1)で定義されるM値が

$M : -10 \sim 16$

である成分を有することを特徴とする使用中の硬さ変化が少ない高韌性耐摩耗鋼。

$M = 26 \times [Si] - 40 \times [Mn] - 3 \times [Cr] + 36 \times [Mo] + 63 \times [V]$   
 $\cdot \cdot \cdot (1)$

(2) さらに、質量%で、

V : 0.01 ~ 0.1%、

を含有することを特徴とする上記(1)項記載の使用中の硬さ変化が少ない高韌性耐摩耗鋼。

【0008】

(3) さらに、質量%で、

REM : 0.001 ~ 0.1%を含有することを特徴とする上記(1)または(2)項記載の使用中の硬さ変化が少ない高韌性耐摩耗鋼。

【0009】

(4) 上記(1) ~ (3)項のいずれかに記載の化学成分を有する鋼を、熱間圧延し、その後Ac3点以上の温度から焼き入れることを特徴とする使用中の硬さ変化が少ない高韌性耐摩耗鋼板の製造方法。

【0010】

(5) 上記(1) ~ (3)項のいずれかに記載の化学成分を有する鋼を、1000 ~ 1270に加熱後、850以上の温度で熱間圧延を終了した後、直ちに焼き入れることを特徴とする使用中の硬さ変化が少ない高韌性耐摩耗鋼板の製造方法。

【発明の効果】

【0011】

本発明は、一般に室温で使用される耐摩耗鋼において、長時間使用中の硬さの変化を防止するための成分範囲および合金設計の指標となるM値を見出したことで、摩耗寿命を格段に改善できる鋼板の提供を可能にする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

10

20

30

40

50

本発明を実施する上で、耐摩耗鋼材としての硬さや靱性に対する合金添加量の規定は非常に重要である。まず、本発明の鋼成分を規定した理由について説明する。

【0013】

C：硬さを向上させる最も重要な元素であり、焼入れ硬さを確保するためには、0.21%以上の添加が必要であるが、0.30%を超えると、硬さが高くなりすぎ、耐水素割れ性を著しく損なうので、その上限を0.30%とする。

【0014】

Si：脱酸材および使用中の硬さ低下を抑制する元素として有効であり、0.30%以上の添加で著しい効果が認められるが、1.00%を超えて添加すると、靱性を阻害する恐れがあるため、1.00%以下を上限とする。

10

【0015】

Mn：主として焼入れ性を高めるのに有効な元素で0.32%以上必要であるが、マルテサイト中の低温でのセメントイトの形成を促進するために硬さを低下させる働きがあり、多量の添加は好ましくないため、その範囲を実施例に記載の下限0.55%以上、0.70%以下とする。

【0016】

P：多量に存在すると靱性を低下させるので少ない方が望ましく、上限の含有量は0.02%とする。不可避免的に混入する含有量をできる限り少なくするのがよい。

S：多量に存在すると靱性を低下させるので少ない方が望ましく、上限の含有量は0.01%とする。SもPと同様に不可避免的な混入量をできる限り少なくするのがよい。

20

Cr：焼入れ性を改善する元素であり、0.1%以上の添加が必要であるが、多量に添加すると、靱性を低下させる恐れがあるために、その上限を2.0%以下とする。

【0017】

Mo：焼入れ性改善すると同時に、長時間保持中の硬さ変化を抑える働きがあるので、0.1%以上の添加が必要であるが、1.0%を超えて添加されると、靱性を損なう恐れがあるために、その上限を1.0%とする。

【0018】

B：フェライトの生成を抑制し焼入れ性を著しく向上させる元素であり、0.0003%以上の添加が必要であるが、0.0030%を超えた添加量では、ボロン化合物を生成し、かえって焼入れ性が低下する傾向があるため、その上限を0.003%とする。

30

【0019】

Al：脱酸元素として鋼中に添加され、0.01%以上を必要とするが、0.1%を超える添加では、靱性を阻害する傾向があるため、その上限を0.1%とする。

【0020】

N：鋼板に多量に添加されると靱性を低下させるので、少ない方が望ましく、上限の含有量は、0.01%以下とする。

【0021】

以上が本発明にかかる基本成分であるが、さらに、本発明においては、母材の硬さおよび靱性を改善する元素として、V、NbおよびTiを、さらに延性や靱性を改善する元素目的から、Ca、MgおよびREMの1種または2種以上を添加できる。

40

【0022】

V：焼入れ性を改善し、硬さの向上に寄与する元素である。0.01%以上の添加が必要となるが、過剰の添加は靱性を損なうため、その上限を0.1%とする。

【0024】

REM：熱間圧延中の硫化物の展伸による延性の低下を防止する元素として有効であり、REMは、0.001%以上の添加により効果が発揮されるが、過剰の添加は、硫化物の粗大化と同時に、溶製時に粗大な酸化物を生じる可能性がある。従って、その添加の範囲を、REM：0.001~0.1%とする。

【0025】

以上の成分範囲を基本として、本発明では、さらに、下記、式(1)によりM値の範囲

50

の制約を設ける。

$$M = 26 \times [Si] - 40 \times [Mn] - 3 \times [Cr] + 36 \times [Mo] + 63 \times [V] \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

本発明者らは、多くの実験の結果、耐摩耗鋼において、室温～100 近傍で長時間保持された場合の硬さの変化は、合金元素に大きく依存することを明らかにした。図1は、0.23～0.26% C - 0.20～0.80% Si - 0.35～1.23% Mn - 0.45～1% Cr - 0.2～0.5% Mo - 0～0.105% Vを含有した鋼を板厚25mmに圧延した後、焼入れしたものの硬さと、それを150 で10時間保持した後の硬さとの差を縦軸に、横軸には合金元素量から計算されるM値をプロットしたものである。150 で10時間の保持は、室温～100 程度の温度で長時間保持された場合の加速試験に相当する。この結果から分かるように、硬さの変化(Hv)はM値の値に依存し、M値が-10を超えると Hvが7以下となり、硬さの低下がほとんど見られなくなることが分かった。

10

【0026】

さらに図2は、その時の-20 におけるシャルピー吸収エネルギー値を縦軸に示したものである。この図から明らかなように、M値が16を超えると、脆性が低下する傾向が認められる。

【0027】

以上の実験事実から、発明者らは、硬さの変化が少なく、かつ、脆性が良好な特性を有する耐摩耗鋼の製造技術を提供できると考え、図1および図2に示されたように、室温付近で長時間保持された場合の硬さの変化および脆性値に対するM値の影響から、本発明の目的とする特性を得るためには、その範囲が-10～16である制約を設けた。

20

【0028】

本発明に係る鋼は、特にパワーショベルのバケット用部材やダンブトラックのベッセル用部材に好適に用いることができ、これら部材に適用すると長期間使用中の硬さが低減しないので、部材の磨耗が長期間にわたり著しく低減し、使用寿命を1.4倍以上に向上させることができる。

【0029】

本発明法においては、上記の成分系を有する鋼片を出発材として、加熱・圧延工程、熱処理を経て製造される。鋼片は、転炉あるいは、電気炉により成分調整され溶製後、連続

30

【0030】

次に、鋼片を加熱後、熱間圧延により目的とする板厚まで圧延され、その後、Ac3点以上の温度に再び加熱後、焼入れを施される。この時、鋼片の加熱温度および圧延の条件、焼入れ時の条件は、通常一般に用いられる条件であれば何ら差し支えない。

【0031】

また、鋼板の再加熱焼入れの代わりに、鋼片を加熱し圧延後、直ちに直接焼入れを実施しても良い。その時の鋼片加熱温度は、1000 以上1250 以下、で、熱間圧延時の仕上温度が850 以上であれば、直接焼入れ後の特性に何ら問題を生じない。鋼片の加熱温度の制約は、1000 未満になると、含まれている合金元素の溶体化が進まず、硬さの低下を起こす懸念があり、1270 を超える温度になると、加熱時の旧オーステナイト結晶粒が粗大化し、脆性が低下する懸念があるので、この条件とする。

40

【0032】

一方、熱間圧延時の仕上げ温度の制約は、それに引き続いて実施される直接焼入れ時の温度を確保するために設けられたもので、850 未満の圧延仕上げ温度になると、直接焼入れ後の硬さが低下する懸念があるので、850 以上の温度を仕上げ温度の下限とする。

【実施例】

【0033】

次に、本発明の実施例について述べる。表1に実施例として製造された供試鋼の化学成

50

分を示す。各供試鋼は、造塊分塊法あるいは、連続鑄造法により鋼片として製造されたものであり、表 1 の中で、A、C、I 鋼は、本発明範囲の化学成分を有するもの、D～H 鋼は参考鋼で、J～P 鋼は、本発明の化学成分範囲を逸脱して製造されたものである。

【 0 0 3 4 】

表 1 に示したそれぞれの鋼片を表 2 に示した製造条件にて加熱および熱間圧延後、一部のものについては、熱処理を施し、25～50 mm までの板厚を有する鋼板として製造した。その後、表層部直下 0.5 mm のブリネル硬さの測定を実施した。さらに、鋼板の一部を切り出し、150℃ で 10 時間の熱処理を加え、それらの鋼板の表層下 0.5 mm 部の HB を測定するとともに、板厚 1/4 t 部からシャルピー試験片を採取(圧延の長手方向)し、-20℃ において試験を実施した。それらの結果についても表 2 に示した。

10

【 0 0 3 5 】

表 2 において、鋼 1、3、9 については、本発明範囲内でのものである。いずれの条件においても、表面下の硬さは、HB 400～HB 520 範囲であり、長時間使用中の硬さの低下が HB 10 以下であり、極めて小さいことが分かる。さらに、靱性についても -20℃ においてすべて 21 J 以上の値を示している。

【 0 0 3 6 】

それに対し、鋼 10 から鋼 18 は化学成分あるいは、鋼板の製造条件の一方が本発明範囲を逸脱している場合である。

【 0 0 3 7 】

まず、鋼 10～鋼 16 においては、化学成分が本発明範囲を逸脱している場合である。すなわち、鋼 10 および鋼 11 は、C 量が本発明の範囲を逸脱している。その結果、鋼 11 では C 量が 0.19% と本発明範囲より低くはずれている場合であるが、母材の硬さ HB 382 と低下している。一方、鋼 11 では逆に C 量が高くはずれている場合であり、母材の硬さが HB 563 と著しく上昇しており、靱性も低い。

20

【 0 0 3 8 】

鋼 12 は Si の添加量が本発明範囲を高く逸脱している例である。この場合、母材の硬さが上昇する結果、靱性が低くなっている。

【 0 0 3 9 】

鋼 13 は Mn の添加量が本発明範囲を高めにはずれている例である。その結果、硬さの変化 HB が 15 程度とやや大きくなっていると同時に、靱性も低い。

30

【 0 0 4 0 】

鋼 14 および 15 は Cr および Mo 量が本発明範囲を高くはずれているものである。この場合、硬さの変化 HB は小さいものの、靱性が著しく低い。

【 0 0 4 1 】

鋼 16 は M 値が本発明範囲を逸脱している場合である。この場合、靱性は良好であるが、硬さの変化 HB が 31 と極めて大きくなっている。

【 0 0 4 2 】

鋼 17 および鋼 18 は成分範囲および製造条件において、本発明範囲外の条件で製造された場合である。すなわち、鋼 17 および 18 は Mn 量が高くはずれた成分系を有するものであり、鋼 17 は圧延後の焼入れ温度が Ac3 変態点以下で加熱された場合、鋼 18 は直接焼入れ工程において、圧延仕上げ温度が本発明の範囲である 850℃ 以上より低い場合である。いずれも母材の硬さが HB 400 以下となり、目的とする硬さを有していない。

40

【 0 0 4 3 】

【 表 1 】

銅種	化 学 成 分													Ar3 (°C)	M 値					
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	ppm			(mass%)				Ti	Ca	Mg	REM	
									N	B	V	Nb	V							Nb
A	0.25	0.35	0.58	0.012	0.005	0.85	0.21	0.048	45	12								830	-9.1	
C	0.23	0.41	0.55	0.008	0.002	0.55	0.15	0.048	35	12	0.049							849	-4.5	
I	0.24	0.93	0.64	0.003	0.001	0.95	0.36	0.065	35	12	0.095					23		883	14.7	
D	0.26	0.35	0.52	0.007	0.003	0.85	0.21	0.035	48	11				0.018				826	-6.7	
E	0.25	0.35	0.59	0.003	0.001	0.49	0.28	0.026	43	10				0.015				834	-5.9	
F	0.25	0.85	0.63	0.002	0.002	0.88	0.23	0.036	35	12	0.082			0.013				868	7.7	
H	0.25	0.52	0.46	0.004	0.001	0.95	0.36	0.032	45	12	0.023			0.014		12		850	6.7	
J	0.19	0.33	0.55	0.008	0.002	0.52	0.21	0.049	33	10								860	-7.4	
K	0.35	0.36	0.59	0.003	0.002	0.59	0.19	0.035	48	12				0.015				783	-9.2	
L	0.23	1.12	0.45	0.003	0.004	0.77	0.15	0.035	48	10				0.012				883	14.2	
M	0.24	0.41	0.92	0.002	0.001	0.92	0.45	0.065	44	15	0.075			0.014				849	-8.0	
N	0.25	0.47	0.55	0.008	0.001	2.32	0.21	0.035	48	12				0.021				830	-9.2	
O	0.28	0.32	0.65	0.002	0.002	0.45	1.12	0.062	42	10								849	21.3	
P	0.27	0.25	0.65	0.003	0.001	0.95	0.21	0.048	35	12								813	-14.8	

下線は本発明の範囲外であることを示す。

【表 2】

No.	鋼種	製造条件				板厚 (mm)	試験結果				備考
		加熱温度 (°C)	圧延仕上げ温度 (°C)	焼入れ温度 (°C)	直接焼入れ		母材の表面下の硬さ HB (A)	150°C10時間保持後の硬さ HB (B)	ΔHB (A)-(B)	vE-20 (J)	
1	A	1150	932	920	—	25	477	470	7		本発明
3	C	1150	925	920	—	25	443	440	3	38	
9	I	1150	918	920	—	50	456	453	3	22	
4	D	1150	938	910	—	25	482	481	1	36	参考鋼
5	E	1150	941	920	—	25	479	477	2	45	
6	F	1100	935		○	25	485	483	2	29	
8	H	1100	920		○	25	488	485	3	25	
10	J	1150	942	920	—	25	<u>382</u>	375	7	59	比較鋼
11	K	1150	952	920	—	25	<u>563</u>	553	10	<u>5</u>	
12	L	1150	950		○	25	519	518	1	<u>12</u>	
13	M	1150	932	920	—	25	465	450	<u>15</u>	<u>17</u>	
14	N	1150	940	920	—	25	482	477	5	<u>9</u>	
15	O	1150	953	920	—	50	511	510	1	<u>8</u>	
16	P	1150	960	920	—	25	465	465	<u>31</u>	44	
17	N	1150	932	<u>820</u>	—	25	<u>341</u>	320	<u>21</u>	20	
18	N	1150	826		○	25	<u>371</u>	363	8	25	

下線は本発明の範囲外であることを示す

## 【産業上の利用可能性】

## 【0045】

本発明は、耐摩耗鋼の特性上極めて重要な使用中の硬さの変化を著しく低減することを可能にしたもので、その産業上の利用効果は極めて大きい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0046】

【図1】150 で10時間保持した後の硬さの変化に対する合金元素の影響を示した図である。

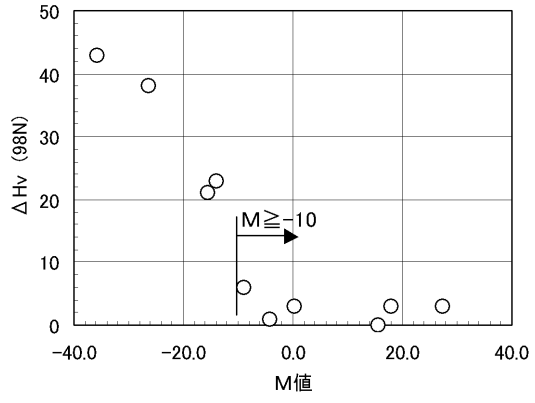
【図2】150 で10時間保持した後の - 20 におけるシャルピー吸収エネルギーに対する合金元素の影響を示した図である。

10

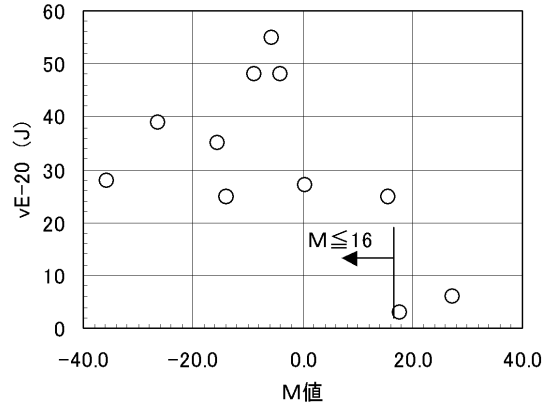
20

30

【 図 1 】



【 図 2 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 樽林 勝己  
東海市東海町5 - 3 新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所内
- (72)発明者 村岡 寛英  
東海市東海町5 - 3 新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所内

審査官 佐藤 陽一

- (56)参考文献 特開昭60 - 059019 (JP, A)  
特開平01 - 172514 (JP, A)  
特開平09 - 118950 (JP, A)  
特開平01 - 149921 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |         |                       |
|---------|-----------------------|
| C 2 2 C | 3 8 / 0 0 - 3 8 / 6 0 |
| C 2 1 D | 8 / 0 0 - 8 / 1 0     |