

2 塗布型酸化・脱炭防止剤の効果について

清 藤 純 一 ・ 浜 石 和 人

1 はじめに

(1), (2)

前報で鋼材の大気中加熱での酸化, 脱炭防止の一つの試みとしてステン袋と還元剤の効果について報告した。この方法では酸化, 脱炭抑制効果は高く小物部品への適用には有効であるが, 中物, 大物実体への適用は困難がある。また, 焼入性の悪いS-C材, SK材では必要焼入硬さが得られないことが明らかとなった。このため今回はこれらの制限を受けない“塗布型”酸

化, 脱炭防止材の効果調べるため市販のN剤, A材, B材(以下N, A, Bと表わす)の三種の酸化, 脱炭防止剤を入手し酸化・脱炭抑制効果を調べたので報告する。

2 実験方法

2-1 酸化・脱炭防止剤

N, A, B三種の酸化, 脱炭防止剤の成分, 性状, 使用温度範囲を表1に示す。

表1 酸化・脱炭防止剤の性状等

酸化・脱炭防止剤	主 成 分	性 状	使用温度範囲(℃)
N	銅粉, 水ガラス	うすい桃色 ペイント状	700 ~ 1050
A	Al_2O_3 , SiO_2 , トリクロルエタン	緑色 やや粘調 液状	800 ~ 1200
B	不 詳	Aよりうすい緑色 液状	—

2-2 SK3, SKD11の酸化に対する抑制効果

SK3, SKD11 相当材からそれぞれ

10×25×(14.714)と10×30×(14.721)の寸法の試験片を加工し供試試料とした。

なお()表示寸法は平面研削仕上げした酸化減少量測定基準面間距離を示す。これら試料を脱脂乾燥してN, A, Bを浸漬塗布後3~4時間自然乾燥してから, 更に乾燥機中約80℃で約24時間乾燥した。乾燥機中で乾燥後の塗膜の厚さはN塗布試料で0.20%, A塗布試料で

0.075%, B塗布試料で0.05%であった。このように調整した試料をSで示す酸化, 脱炭防止剤無塗布の標準試料とともに表2に示す条件でエレマ電気炉中で加熱空冷後試料中央部を切断琢磨仕上して基準面間距離をマイクロビッカース硬さ計の拡大鏡とマイクロメーターで測定して, 次式で酸化減少量を表しN, A, BのSK3, SKD11材の酸化抑制効果を評価した。

酸化減少量(μ)

$$= \frac{(\text{加熱前の基準面間距離}) - (\text{加熱後の基準面間距離})}{2}$$

表2 酸化抑制効果実験条件

鋼 種	防止剤	加 熱 温 度(℃)	加熱時間
SK3	N	850, 950	1, 3, 5
	A	〃	〃
	B	〃	〃
	S	800, 850, 900, 950, 1000	〃
SKD11	N	950, 1050	〃
	A	〃	〃
	B	〃	〃
	S	850, 900, 950, 1000, 1050	〃

2-3 加熱中におけるN, A, Bの状態観察

昇温中ならびに加熱保持中における塗布剤の変化を電気炉のぞき窓より観察した。

2-4 SK3, SKD11の脱炭に対する抑制効果

SK3とSKD11 相等材よりそれぞれ $36\phi \times 15mm$ と $32\phi \times 15mm$ の試験片を加工し供試試料とした。これら試料を脱脂乾燥後3~4時間自然乾燥を行い乾燥機中約 $80^{\circ}C$ で約24時間乾燥した。乾燥機中で乾燥後の塗膜の厚さはN塗布

で 0.20% , A塗布で 0.075% , B塗布で 0.05% であった。

このように調整した試料をSで表す酸化・脱炭防止剤無塗布の標準試料とともに表3の条件下でエレマ電気炉中で加熱空冷後、試料中央部を切断琢磨仕上してマイクロビッカースで試料表面から内部への硬さの分布を測定するとともに、組織観察を行って脱炭状況を調べN, A, BのSK3およびSKD11の脱炭抑制効果を調べた。

表3 脱炭抑制効果実験条件

鋼 種	防 止 剤	加熱温度 ($^{\circ}C$)	加熱時間 (hr)
SK3 SKD11	N	850, 950, 1050	1, 3, 5
	A	"	"
	B	"	"
	S	"	"

2-5 N, A, Bの剥離性

2-4の表3の条件で加熱空冷したSK3, SKD11試料からのN, A, B塗膜の剥離性を調べた。

またSK3, SKD11相当材からそれぞれ $15 \times 32\phi$, $15 \times 36\phi$ の試験片を採取し、面を120# ペーパー仕上後脱脂乾燥して2-2と同条件でN, A, Bを塗布処理して表4の条件で加熱冷却した場合の塗膜の剥離状態を観察した。

表4 剥離性試験条件

鋼 種	加熱温度 $^{\circ}C$	加熱時間 hr	酸化・脱炭防止剤	冷却条件
SK3	850	1	N	水冷
			A	"
			B	"
SKD11	1050	1	N	水冷
			A	"
			B	"
			N	油冷
			A	"
			B	"

3 実験結果と考察

3-1 酸化脱炭防止剤の酸化抑制効果について

3-1-1 SK3に対する酸化抑制効果

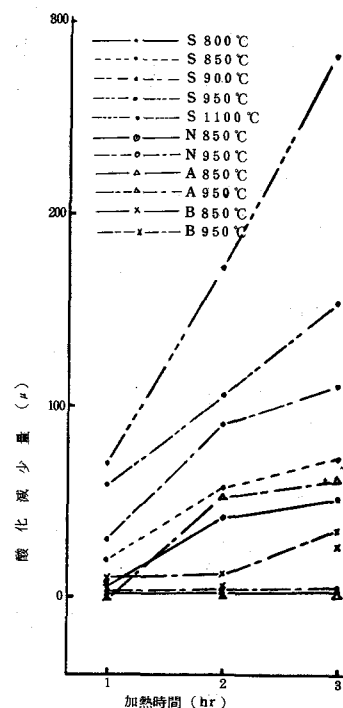


図1 加熱温度と時間がN, A, B塗布および無塗布SK3試料の酸化減少に及ぼす影響

図1に各温度における無塗布試料（記号S）と塗布試料（記号N, A, B）の酸化減少量に及ぼす加熱時間の影響を、図2に各時間における加熱温度の影響を示す。

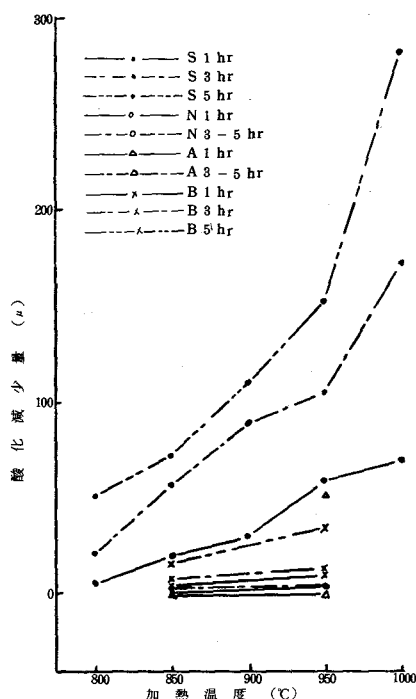


図2 加熱温度がN, A, B塗布及び無塗布SK3試料の酸化減少量に及ぼす影響

図1, 図2より明らかなように無塗布試料では加熱温度が高く、加熱時間が長いほど酸化減少量が大きくなっている。一方N, A, Bを塗布した試料の酸化減少については無塗布試料とほぼ同様の傾向が見られるものの、酸化減少量は可成小さくなっている。

一例として塗布試料の中で最も酸化減少量の大きいA塗布 950 °C 5時間加熱試料の酸化減少量は 60 μで、これは同条件加熱の無塗布試料 158 μの約 $\frac{1}{2.5}$ であり、かつ無塗布試料 850 °C 5時間加熱より小さくなっている。

このことは、本実験に用いた市販酸化・脱炭防止剤の酸化抑制効果を意味している。

次にN, A, BのSK3に対する酸化抑制の効果を比較すると

A塗布試料の 850 °Cでの酸化減少量は 1, 3, 5時間のどの加熱時間においても全くなくて最も安定した良い酸化抑制効果を示す。しかし加熱温度が 950 °Cと高くなると、1時間以内の加熱では酸化減少量は全くなくて最も良い酸化抑制効果を示すものの、加熱時間が 3, 5時間と長くなると酸化減少量が 52 μ, 62 μとなり、三種酸化脱炭防止剤塗布試料中で最も大きくなり、酸化抑制効果がかなり低下している。

すなわち、Aの酸化抑制効果は 850 °C 5時間以内および 950 °C 1時間以内の加熱条件においては大きく、850 °C以下の温度ではすぐれた酸化抑制効果があると言えるが、加熱温度、加熱時間による影響をN, Bより受けやすく、加熱温度が高く、加熱時間が長くなるとAの酸化抑制効果は低下する。

N塗布試料の 850 °Cでの酸化減少量は、1時間加熱で 1 μ, 3, 5時間加熱で 2 μでA塗布試料の酸化減少量より大きい。したがって、Aより酸化抑制効果は劣るものの大きな差はなく、かなり安定した良い酸化抑制効果があると言える。また加熱温度が 950 °Cでの酸化減少量は、1, 3, 5時間加熱ともに 4 μで、850 °Cで加熱された試料より大きくなるが、三種防止剤塗布試料中で最も小さく、酸化抑制効果は最も大きい。したがって、Nの酸化抑制効果は、加熱温度が 950 °C以下では、加熱温度には大きく影響されず、また5時間以内の加熱時間であれば、加熱時間には全く影響されないと言え、三種酸化、脱炭防止剤中最も安定した酸化抑制効果があると言える。

B塗布試料の 850 °Cでの酸化減少量は1時間加熱で 8 μ, 3時間加熱で 6 μ, 5時間加熱で 16 μと、三種酸化脱炭防止剤塗布試料中では最も大きい。したがって酸化抑制効果は最も小さい。

また3時間以内の加熱では安定した酸化抑制効果があるが、5時間になると劣化し始めると言える。

加熱温度が 950 °Cでの酸化減少量は1時間加熱で 10 μ, 2時間加熱で 12 μ, 5時間加熱で

34 μ でA塗布1時間加熱試料およびN塗布1, 3, 5時間加熱試料の酸化減少量より大きい, A塗布3, 5時間加熱試料より小さい。またB塗布850℃加熱試料よりも大きくなってゐる。つまり, 1時間以内の加熱での酸化抑制効果は最も小さいが, 加熱時間が3~5時間の範囲においては, Aよりすぐれた酸化抑制効果がある。またBの酸化抑制効果は, 加熱温度と加熱時間に影響を受け, 加熱温度が高く, 加熱時間が長いほど小さくなり, 特に5時間以上の加熱では急に酸化抑制効果が小さくなる。しかし, その低下の程度はAよりは小さい。

3-1-2 SKD11に対する酸化抑制効果

図3に加熱温度と加熱時間が, 無塗布および塗布試料の酸化減少量に及ぼす影響を示し, 図4に加熱温度がN, A, B塗布, 無塗布SKD11試料の酸化減少量に及ぼす影響を示す。

図3, 図4より無塗布試料の各加熱温度における1時間と5時間加熱での酸化減少量についてみると, 850℃で3 μ と52 μ , 900℃で16 μ と61 μ , 950℃で22 μ と92 μ , 1,000℃で62 μ と206 μ と加熱温度が高く, 加熱時

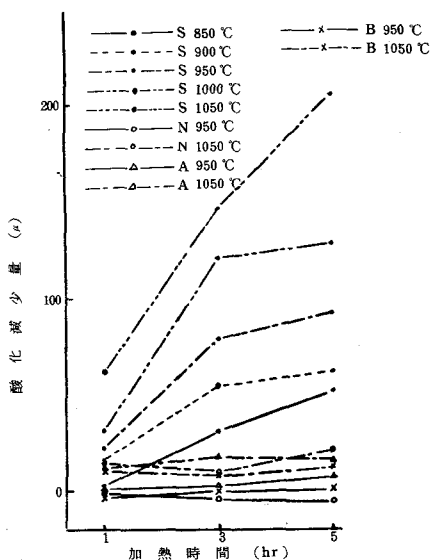


図3 加熱温度と時間がN, A, B塗布および無塗布SKD11試料の酸化減少量に及ぼす影響

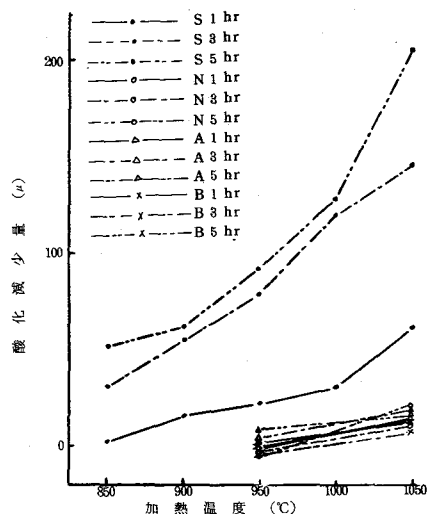


図4 加熱温度がN, A, B塗布および無塗布SKD11試料の酸化減少に及ぼす影響

間が高いほど酸化減少量が大きくなっている。つまり, 加熱温度が高いほど酸化速度が大きくなり加熱時間が長いほど酸化量が大きくなっていることがわかる。一方N, A, Bを塗布した試料の酸化減少量は, 無塗布試料に比べてかなり小さく, 例えば酸化, 脱炭防止剤塗布試料で最も酸化減少量の大きいN塗布1050℃, 5時間加熱試料で21 μ で, これは同条件加熱の無塗布試料の酸化減少量203 μ の $\frac{1}{10}$ であり, 更に無塗布850℃, 3時間加熱試料の酸化減少量31 μ よりも小さい。つまり, N, A, BをSKD11に塗布することで酸化減少量が無塗布試料に比べ小さくなり酸化抑制効果が得られることがわかる。

次にN, A, BのSKD11の酸化抑制に対する効果について比較してみると, N剤塗布試料の950℃1時間加熱で1 μ , 3時間加熱で4 μ , 5時間加熱で5 μ の膨張を示し, また, B塗布試料では1時間加熱で3 μ の膨張を示し, 3時間で酸化減少量は無く, 5時間加熱でわずかに1 μ の酸化減少量を示す。つまり, NとBは, ほぼ同じような酸化抑制効果があると見なせると言え, 5時間以内の加熱時間での酸化抑制効果は安定してい

る。A塗布試料の酸化減少量は950℃1時間加熱で1μ, 3時間加熱で3μ, 5時間加熱で8μとN, B塗布試料の酸化減少量より大きく, 加熱時間が長くなるとともに酸化減少量が大きくなっている。

したがって950℃においてはSKD11の酸化抑制に対する効果はN, Bより小さく, 加熱時間によって影響される傾向がある。

1050℃における酸化減少量は, N, A, Bの

いずれの場合も, 950℃加熱に比べて大きくなっており, 加熱温度が高くなると酸化抑制効果が小さくなることを示している。また, 1050℃での酸化抑制効果はB剤がN, Aよりややすぐれているようである。

3-2 加熱中におけるN, A, Bの状態について。

実験2-4の条件で加熱中のN, A, Bの状態変化の観察結果を表5に示す。

表5 エレマ電気炉加熱中のN, A, Bの状態観察結果

加熱温度(℃)	防止剤	加熱時間(hr)	加熱中の状態
850	N	1	ふくれを生じる。
		3	〃
		5	〃 溶融する。
	A	1	炉内装入初期ガス発生燃焼。以後試料より剝離
		3	〃
		5	1, 3時間加熱と同状態。一部溶融。
	B	1	炉内装入初期ガス発生後燃焼
		3	〃
		5	〃
950	N	1	ふくれを生じて後溶
		3	〃
		5	〃
	A	1	炉内装入初期ガス発生後燃焼。溶融状態となりふくれを生じる
		3	〃
		5	〃
	B	1	炉内装入初期ガス発生, 燃焼
		3	〃
		5	〃
1050	N	1	ふくれを生じて後溶融
		3	〃
		5	〃
	A	1	装入初期ガス発生燃焼。ふくれを生じる。
		3	〃
		5	〃
	B	1	炉内装入初期ガス発生燃焼。変化なし
		3	〃
		5	〃

Nは850, 950, 1050℃のいずれの加熱温度においてもふくれを生じたが、これは炉内装入後の昇温過程において発生する1次, 2次水分によるものと考えられる。また850℃5時間加熱, 950, 1050℃においては, 1, 3, 5時間のいずれの加熱時間においても溶けていた。

AとBは850℃, 950℃, 1050℃いずれの加熱温度においても炉内装入初期にガスが発生して後燃焼した。これは残留していた溶剤がガス化燃焼したものと考えられる。またAは850℃で試料から剥離し, 同温5時間加熱で溶融状態となり, 950℃, 1050℃においては1, 3, 5のいずれの加熱時間においてもふくれを生じた。このことは加熱中に何らかのガスを発生することが考えられるが, 明らかなことは解らなかった。Bはどの加熱温度においてもふくれや溶融は観察されなかった。

3-3 酸化, 脱炭防止剤のSK3とSKD11の脱炭抑制に対する効果

3-3-1 SK3に及ぼす脱炭抑制効果について

図5, 6, 7に850, 950, 1050℃で加熱したN, A, B塗布および無塗布SK3試料の表面から内部への硬さ分布を示す。

図5から加熱温度850℃でのN, A, B塗布および無塗布試料の硬さ分布をみると, いずれの

試料の表面附近の硬さは内部に比べて低くなっており, 脱炭が生じていることを示しており, 組織にも明らかに観察された。

また, 硬さ分布からN, A, B塗布および無塗布試料のいずれの脱炭層も加熱時間が長くなるほど深くなっている。このことは写真1にN塗布1, 3, 5時間加熱試料の組織を示すが, 組織観察で

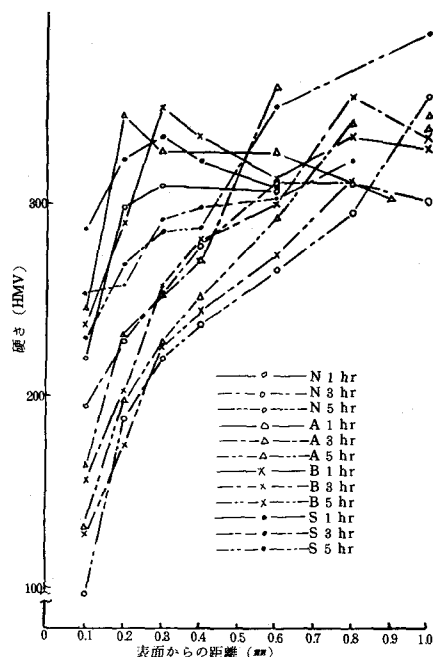


図5 850℃で加熱したN, A, B塗布および無塗布SK3試料の硬さ分布。

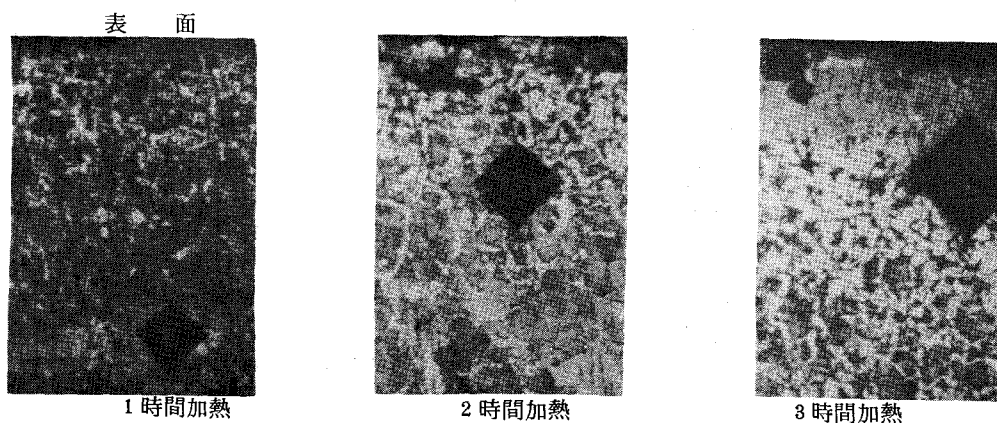


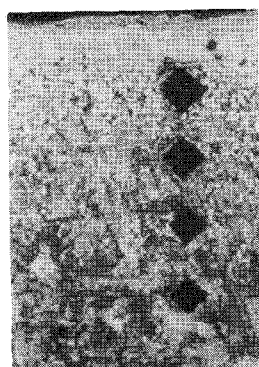
写真1 N塗布850℃加熱試料表面附近組織(×200)

も明らかであった。1時間加熱での脱炭層は、硬さ分布と組織からB塗布試料が最も深く、N塗布とA塗布および無塗布試料は同じ程度の深さと思われるが、組織では無塗布試料の脱炭層が最も浅く観察された。

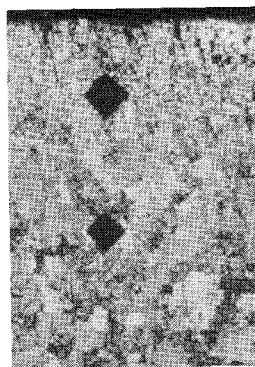
以上のようにN、A、Bの脱炭抑制効果はなかった。これらの要因として、3-2の各酸化、脱炭防止剤の観察結果など参考にして考えると、N塗布試料では、加熱中にふくれを生じたことから1

表面

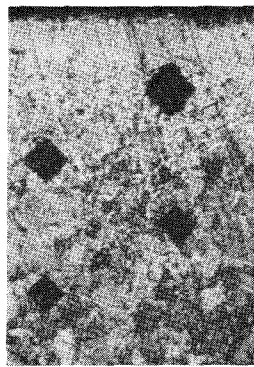
表面



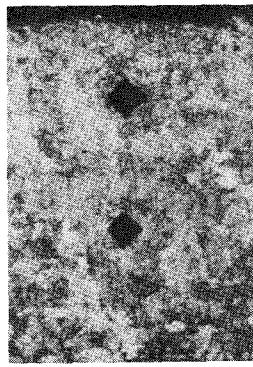
N塗布試料



A塗布試料



B塗布試料



無塗布試料

写真2 850°C 3時間加熱試料表面附近組織(×100)

され、N、A、Bの脱炭抑制効果は認められなかった。この要因としては1時間加熱と同様なことが考えられるが明らかでない。また1、3、5時間のどの加熱時間においても酸化、脱炭防止剤塗布試料の脱炭層が無塗布試料より深くなっているのは、無塗布試料は酸化、脱炭防止剤塗布試料より強酸化雰囲気加熱となり、酸化速度が脱炭速度より大きくなり見掛け上脱炭層が浅くなっているためと考えられる。

図6から950°C加熱でのN、A、Bおよび無塗布試料の硬さ分布をみると、N塗布試料1、3、5時間加熱試料の表面と内部の硬さは、ほぼ等しく脱炭は生じていないと思われる、写真3に示すN塗布5時間加熱試料の表面組織のように組織観察でも脱炭は認めなかった。すなわち脱炭抑制効果があると言え、950°Cで脱炭抑制効果が得られ

次、2次水分の影響を受け、A塗布剤では加熱中の溶剤その他の含有物の分解による脱炭性ガスの発生と塗膜の剝離、B塗布試料では加熱中の溶剤とその他の含有物の分解による脱炭性ガスの発生など揚げられるが明らかではない。加熱時間3、5時間での脱炭層は、N、A、B塗布試料ともに同じような深さであり、いずれも無塗布試料の脱炭層より深く、このことは写真2に示す8時間加熱の組織例に見られるように組織にも明らかに観察

表面

表面

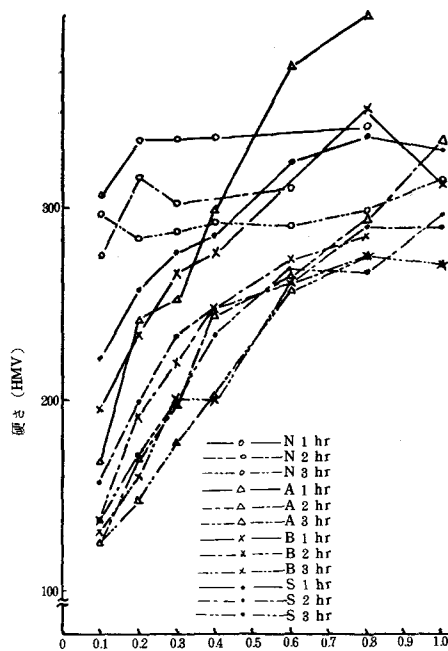


図6 960°Cで加熱したSK3試料の硬さ分布

たのは、加熱温度が高いためNの水ガラス中の1次、2次水分の分解速度が早く脱炭に影響しなかったことと、この温度では2-4に見るようにNが溶解し試料を十分に包み込み、試料が空気から保護されたことなどが考えられる。

表面

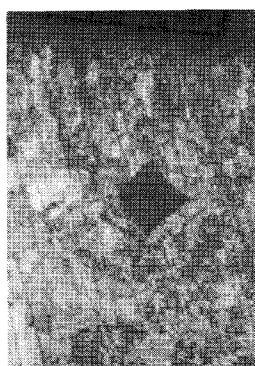
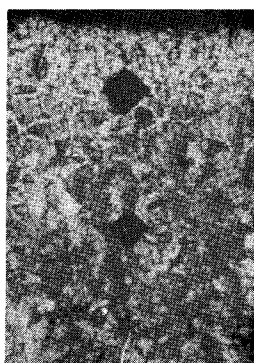


写真3 N塗布 950°C

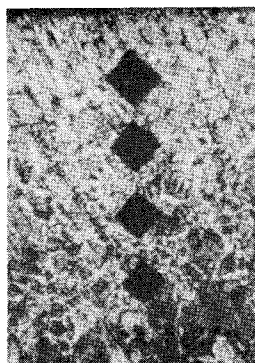
N塗布以外の試料すなわちA、B塗布および無塗布試料の表面硬さは内部より低く脱炭を生じていることを示し、組織観察でも明らかに脱炭が認められ、加熱時間が長くなると脱炭深さは、写真4に示す塗布1、5時間加熱試料表面附近組織に見るように深くなっ

表面

表面



1時間加熱 ×100



5時間加熱 ×100

写真4 A塗布 950°C加熱試料

表面附近組織

ている。また、A、B塗布および無塗布試料の脱炭の深さは、ほぼ等しく、差は認められない。したがってA、Bの950°Cで脱炭抑制効果はないと言える。

この要因としては、3-2の加熱中の観察結果などから脱炭性ガスの発生や脱炭抑制効果の劣化などが考えられる。

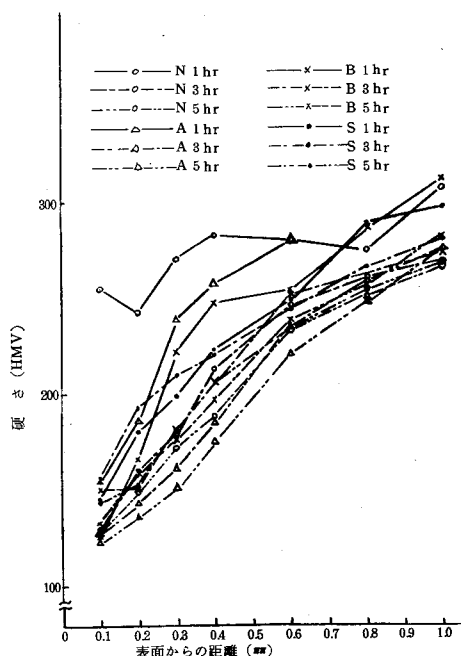


図7 1050°Cで加熱したSK3試料の

硬さ分布

図7から1050°C加熱でのN、A、B塗布および無塗布試料の硬さ分布をみると、N、A、B塗布および無塗布のいずれの試料の表面附近硬さは内部より低く脱炭を生じていると言え、組織観察でも脱炭層が認められ、加熱時間が長くなるほど脱炭深さも深くなる傾向を示す。しかし、硬さ分布からN、A、B塗布1時間加熱試料のいずれの試料の脱炭深さも無塗布試料よりは浅く、特にN塗布試料の脱炭深さは、最も浅い。このことは、写真5に示すN、A、B塗布および無塗布1時間加熱試料の組織でも明らかである。したがってNは1時間以内の加熱では完全ではないが、かなり良い脱炭抑制効果を示す。AとBの脱炭抑制効果は、きわめて小さい。

加熱時間3、5時間においては、N、A、B塗布および無塗布試料の脱炭深さは等しく、酸化、脱炭防止剤の効果は全く認められなかった。

3-3-2 SKD11に及ぼす脱炭抑制効果について

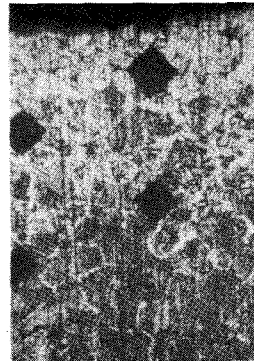
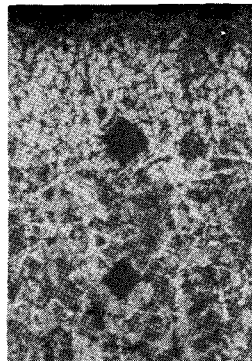
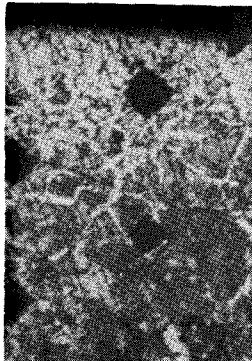
図8、9、10にN、A、B剤塗布および無塗布850、950、1050°C加熱SKD11試料の硬さ

表面

表面

表面

表面



N塗布試料(×100)

A塗布試料(×100)

B塗布試料(×100)

無塗布試料(×100)

写真5 N, A, B塗布および無塗布1050℃1hr加熱試料の表面附近組織

分布を示す。

図8から850℃加熱でのN, A, B塗布と無塗布試料の硬さ分布についてみると, A剤塗布1時間加熱試料, N, B剤塗布および無塗布1, 3, 5時間加熱試料の変化と内部の硬さは等しいと見なされ, ほとんど脱炭は生じていないと思われるが, このことは写真6に示す表面附近組織とよく対応しているようである。

しかし, A剤塗布3, 5時間加熱試料の表面部の硬さは, 内部より低いと見なされ, 脱炭が生じていると考えられるが, 写真7に示すように組織では明らかに出来なかった。これは, 脱炭量が少ないためと思われる。

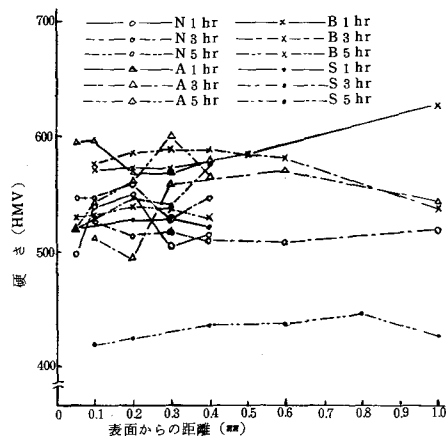


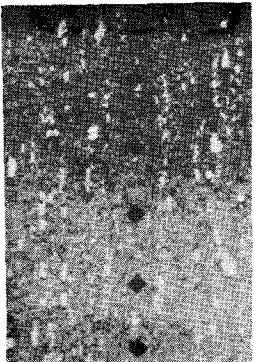
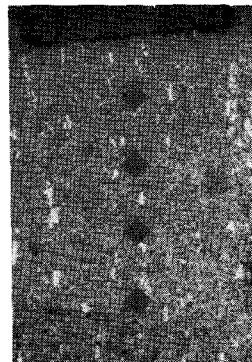
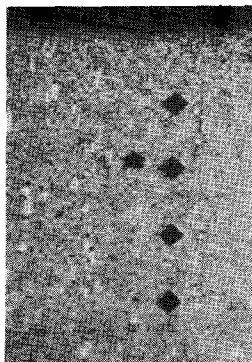
図8 N, A, Bおよび無塗布850℃加熱SKD11試料の硬さ分布

表面

表面

表面

表面



N塗布

A塗布(1時間)

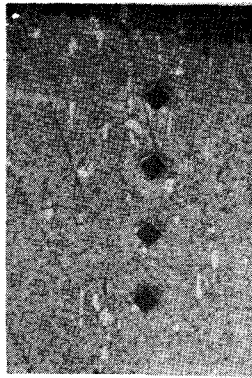
B塗布

S無塗布

写真6 A塗布1時間加熱, N, B塗布と無塗布5時間加熱試料の表面附近組織(×100)

図9から950℃加熱N, A, B剤塗布および無塗布試料の硬さ分布についてみると, N剤塗布1, 3時間加熱, B剤塗布1時間加熱, 無塗布1時間加熱, 試料は硬さ分布からして脱炭していないと言え, 組織にも認められ

表面



なかった。つまり, N 写真7 A塗布5時間加熱試料(×100) B剤は1時間までの加熱では脱炭抑制効果があると言える。また, 硬さ分布からA剤塗布3時間加熱試料も脱炭していないと言え, 組織でも脱炭は認められなかったが, 加熱時間の短い1時間加熱試料では表面附近の硬さは, 内部より明らかに低くなっており, 脱炭していると思われるが, 組織では確認できなかった。

これは, 3-2の950℃加熱中のA剤の状態観察結果より, この温度ではふくれが生じていることからたまたま1時間加熱試料上の塗膜のふく

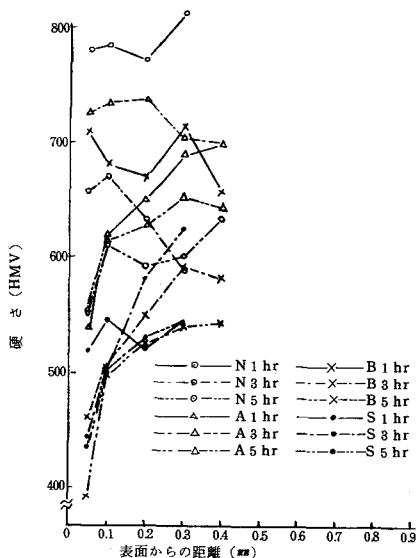


図9 N, A, Bおよび無塗布950℃加熱SKD11試料の硬さ分布

れが大きく破損し, 試料表面が空気に触れたことなど考えられる。したがってA剤も塗膜の状態によっては, 3時間までの加熱では脱炭抑制効果は得られると考えられる。

N, A剤塗布5時間加熱, B剤塗布3, 5時間加熱と無塗布試料の表面硬さは明らかに低く脱炭を生じていると言えるが, 組織では明らかでない。また, これ等試料の脱炭深さは明瞭ではないが, 加熱時間が長いほど深くなる傾向を示している。

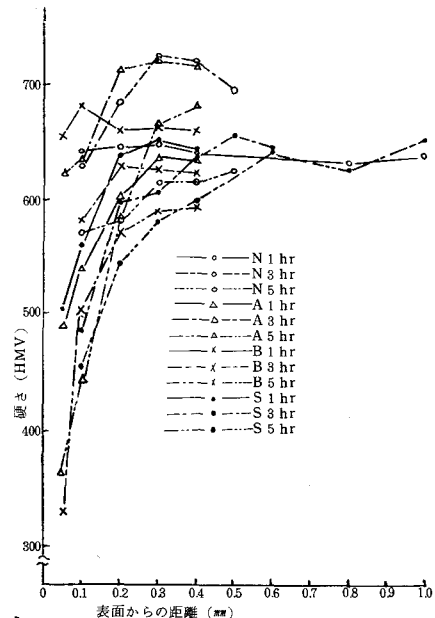


図10 1050℃で加熱したSKD11試料の硬さ分布

図10から1050℃加熱でのN, A, B剤塗布および無塗布試料の硬さ分布についてみると, N, B剤塗布1時加熱試料は硬さの分布から脱炭は生じていないと言え, 組織にも認められなかった。N, Bは1時間以内の加熱では脱炭抑制効果があると言える。その他の試料, すなわちA剤塗布1, 3, 5時間加熱, N, B剤塗布3, 5時間加熱, 無塗布1, 3, 5時間加熱試料の表面硬さは内部より低く脱炭していると言え, 写真8に示すA剤塗布3時間加熱試料の表面附近組織に見られるように組織にも明らかな脱炭層が認められた。また脱炭の深さは加熱時間が長くなると深くなる

傾向が見られる。

3-4 N, A, B塗膜のSK3, SKD11試料からの剥離性について

3-4-1 空冷剥離性

表5に加熱空冷後のN, A, BのSK3, SKD11試料からの剥離性について定性的に調べた結果を示す。

この結果をみると塗布する試料によって剥離性が異なる傾向がみられる。

加熱温度, 加熱時間は剥離に大きく影響していないと言える。

表面

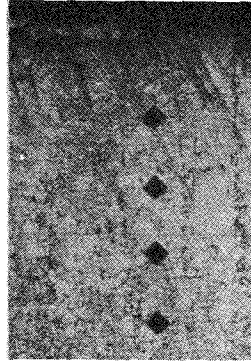


写真8 A塗布1050℃3時間加熱SKD11試料の表面附近組織(×100)

表5 エレマ電気炉加熱空冷後のN, A, B塗膜の試料からの剥離状況

加熱温度(℃)	防止剤	加熱時間(hr)	試料からの剥離性	
			SK3試料	SKD試料
850	N	1	ブラシ剥離	ブラシ剥離困難
		3	〃	〃
		5	〃	〃
	A	1	ブラシ剥離	ブラシ剥離
		3	〃	〃
		5	ブラシ剥離困難	〃
	B	1	ブラシ剥離	〃
		3	〃	〃
		5	〃	〃
950	N	1	ブラシ剥離容易	ブラシ剥離困難
		3	〃	〃
		5	〃	〃
	A	1	ブラシ剥離困難	ブラシ剥離
		3	〃	〃
		5	〃	〃
	B	1	〃	ブラシ剥離困難
		3	〃	〃
		5	〃	〃
1050	N	1	ブラシ剥離	ブラシ剥離
		3	〃	〃
		5	〃	〃
	A	1	ブラシ剥離困難	〃
		3	〃	〃
		5	〃	〃
	B	1	〃	ブラシ剥離困難
		3	〃	〃
		5	〃	〃

3-4-2 水冷, 油冷剥離性

SKD11 試料からの剥離性について調べた結果を

表 6 に加熱水冷と油冷後の N, A, B の SK3,
示す。

表 6 エレマ電気炉加熱水冷および油冷後の N, A, B 塗膜の剥離状況

試 料	加熱温度 と 時 間	酸化, 脱 炭防止剤	冷却方法	結 果
SK3	850℃ 1 時 間	N	水 完 冷	完全に剥離している。
			油 完 冷	〃
		A	水 完 冷	〃
			油 完 冷	冷却後塗膜が附着しているが、ブラシにて簡単に除去される。
		B	水 完 冷	完全に剥離
			油 完 冷	冷却後部分的に塗膜が附着しており、ブラシにより除去は困難である。
SKD11	1050℃ 1 時 間	N	水 完 冷	完全に剥離している。
			油 完 冷	〃
		A	水 完 冷	〃
			油 完 冷	冷却後部分的に塗膜が附着しており、ブラシ除去困難である。
		B	水 完 冷	完全に剥離している。
			油 完 冷	冷却後ほとんどの塗膜が剥離しているが、部分的に附着しており、ブラシ除去困難である。

この結果から、N, A, B 塗膜ともに冷却の早い水冷では完全に剥離して、冷却の遅い油冷では N の塗膜は完全に剥離する。しかし A, B の塗膜は大部分は剥離するが、部分的には塗膜が附着しており、これの除去は簡単ではないと言える。また、各塗膜の剥離は加熱温度より冷却速度に影響を受けやすい傾向にあると言える。

4 ま と め

これまでの酸化, 脱炭防止剤 N, A, B の実験結果をまとめると以下のことが言える。

4-1 酸化抑制効果

- (1) N, A, B の酸化, 脱炭防止剤は SK3, SKD11 の高温酸化に対して大きな抑制効果があり、この三種を塗布して加熱試料の酸化減少量は大気中加熱試料に比べかなり少なくなることが分った。
- (2) N, A, B 塗布試料の酸化減少量は、加熱温度が高く、加熱時間が長くなるほど大きくなる傾向を示すが、無塗布試料に比べるとかなり小

さい。

- (3) N, A, B の三種の酸化, 脱炭防止剤の酸化抑制効果は、SK3 に対して N は、加熱温度 950℃ 5 時間以内の加熱で最も安定しており、A は 850℃ 5 時間以内の加熱では最もすぐれた酸化抑制効果を示すが、加熱温度が 950℃ と高くなると最も悪くなる。すなわち A の酸化抑制効果は加熱温度、時間の影響を受けやすい。B は 850℃, 950℃ 3 時間までの酸化抑制効果は割合安定しているが、5 時間加熱では悪くなる。B の酸化抑制効果も A ほどではないが加熱温度、時間の影響を受ける。
- (4) N, A, B の SKD11 の酸化抑制効果は、950℃ 5 時間以内の加熱では N と B が安定した良い効果を示し、A の効果は N と B よりも劣り、加熱時間が長くなると酸化抑制効果が悪くなる傾向を示す。加熱温度 1050℃ では、B が最も良い酸化抑制効果を示す。しかし、N, A の効果と大きな差はない。N と A の酸化抑制効果は同じようなものであると言える。

4-2 加熱中のN, A, Bの状態について。

- (1) Nは加熱中にふくれを生じ、850℃ 5時間加熱、950℃および1050℃ 1, 3, 5時間加熱で溶融する。
- (2) AとBは850, 950, 1050℃ のいずれの加熱温度においても炉内装入初期にガスを発生後燃焼した。またAは加熱温度 850℃ で剥離し、同温度5時間、950℃, 850℃ 1, 3, 5時間加熱でふくれを生じた。Bはどの加熱温度においても変化は認められなかった。

4-3 脱炭抑制効果について

- (1) N, A, BのSK3の脱炭抑制効果は、850℃では認められなかった。950℃では、1, 3, 5時間加熱でNに脱炭抑制効果が認められ、AとBには認められなかった。1050℃では1時間加熱でNの脱炭抑制効果が認められたが、3, 5時間加熱で認められなかった。AとBの脱炭抑制効果は1, 3, 5時間のどの加熱時間でも認められなかった。
- (2) 脱炭深さは加熱時間が長いほど深くなる傾向があった。
- (3) N, A, BのSKD11の脱炭抑制効果は、

850℃ 1時間加熱ではN, A, B三種に認められ、3, 5時間加熱ではNとBには認められた。Aには認められなかったが、組織では脱炭を確認できなかった。950℃では、1時間加熱ではNとBに脱炭抑制効果が認められ、3時間加熱ではNとAに認められた。5時間加熱では、いずれにも認められなかった。

1時間加熱でAに脱炭抑制効果が認められなかったのは、加熱中のAの塗膜のふくれが大きく破損したなど考えられる。

4-4 N, A, B塗膜の剥離性

- (1) N, A, B塗膜の剥離性は、空冷の場合鋼種によって異ってくるようであり、加熱温度と時間はあまり影響しないようである。
- (2) N, A, B塗膜は、水冷および油冷の場合、冷却速度の大きい水冷では完全に剥離するが、油冷ではNの塗膜は完全に剥離するもののA, B塗膜は部分的に残り剥離困難である。
- (3) N, A, B塗膜の剥離性は加熱温度よりも冷却速度に影響を受けやすいと言える。

参 考 文 献

- | | | |
|------------------|-------|---------|
| (1) 鹿児島県機械金属センター | 業務報告書 | (51年度) |
| (2) " | " | (52年度) |
| (3) 滴中式ガス浸炭空化 | 藤沢著 | 日刊工業新聞社 |
| (4) 金属表面硬化熱処理技術 | 河上著 | 槇書店 |
| (5) 表面熱処理 | 滝島著 | 日刊工業新聞社 |
| (6) 金属の加熱と酸化 | 梶山著 | 誠文堂新光社 |