

Cr-V鋼の累積加熱における $\gamma + \alpha$ 域加熱が炭化物析出に及ぼす影響

Effect of $\gamma + \alpha$ -region heating on carbide precipitation during cumulative heating of Cr-V steel

大同大学大学院 工学研究科 機械工学専攻

福富友哉 (M1), 指導教員 田中浩司

名古屋工業大学 森谷智一



背景

低合金化にともなう焼戻硬さ

材料	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Fe
SKD61	0.38	1.0	0.4	4.9	1.2	1.0	Bal.
LCS	0.41	0.1	1.6	1.9	1.0	0.60	Bal.

熱伝導率の向上

873K以上焼戻しで硬さに優れる

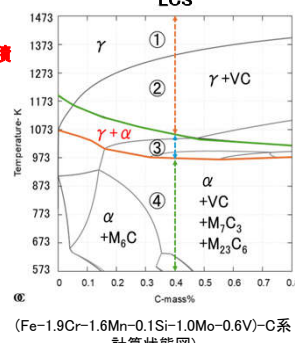
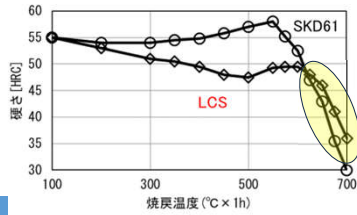
積層造形における熱影響



銅板上にレーザー積層したSKD61

上層からの熱影響が下層に累積
逆変態・再変態・焼戻しの繰返し
積層高さによる硬さ不均一

	γ	α'
①	γ	$\alpha' + VC$
②	$\gamma + VC$	$\alpha' + VC$
③	$\gamma + \alpha + VC + M_7C_3 + \dots$	?
④	$\alpha + Carbide$	



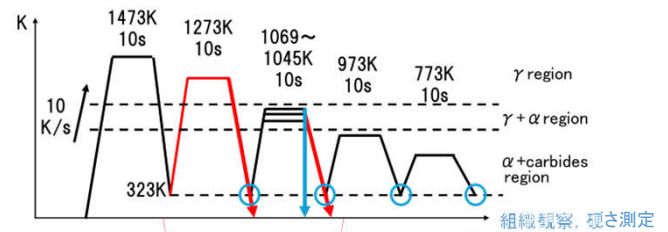
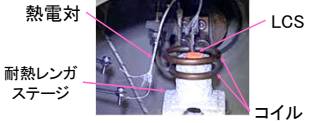
目的

$\gamma + \alpha$ 域を含む累積加熱中の逆変態・再変態挙動を明らかにし、再変態で形成された母相からの析出物を同定する

実験方法

累積加熱実験

加熱方法 高周誘導波加熱
試料 LCS
試料寸法 $8 \times 8 \times 10$ (mm)
測温方法 K熱電対スポット溶接



熱膨張測定

逆変態・再変態挙動の測定
10K/s加熱 $\rightarrow \gamma$ 75% 1069K 10s保持 $\rightarrow -1.7K/s$ でArガス冷
 γ 25% 1045K 10s保持 He凍結

硬さ測定

硬さばらつき (荷重500gf)

ピッカース

組織観察

マトリックス組織
炭化物の確認

SEM

炭化物の組成・構造解析

残渣抽出

溶液分散

FE-EPMA
C量測定
プリセクション電子回折法による構造解析
TEM

熱力学計算

2相域加熱

γ α

母相の組成抽出

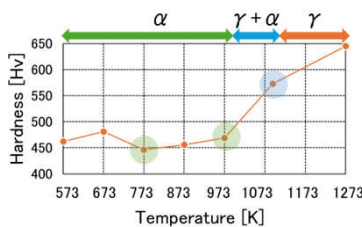
973Kの平衡計算

全炭化物をDormant設定

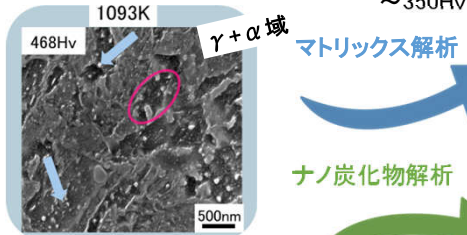
炭化物の駆動力

結果

累積加熱にともなう硬さ変化

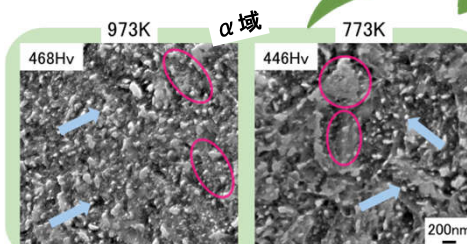


973K加熱以降 450HV以上 > 973K焼戻硬さ ~350HV



マトリックス解析

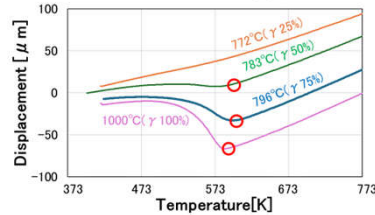
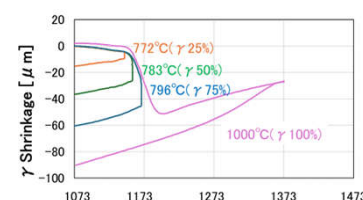
ナノ炭化物解析



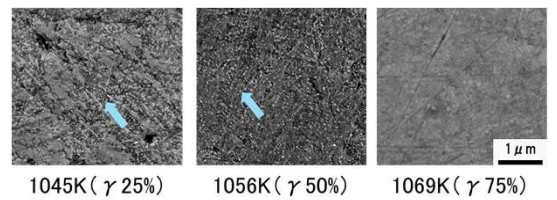
・粒径から2種類の炭化物に分類

- ① 10~200nm 点列状
- ② 5~10nm 1μm領域に密集(ナノ析出物)

加熱温度の変更によるMs点の上昇



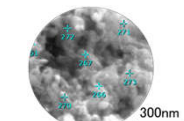
γ 中の析出物とMs点変化



γ 中に微細炭化物が複数析出 $\rightarrow \gamma$ 中炭素量の低下?

	γ 域	2相域
γ 比[%]	100	
炭化物	0	
C in γ [%]	0.41	
Ms点[°C]	342	

準安定炭化物を考慮した解析



FE-EPMAにより残渣全体の組成分析

各炭化物の973K析出駆動力

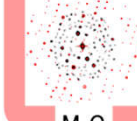
ΔG_m [J/mol]			
	25% γ	50% γ	75% γ
M_2C	776.8	727.5	672.5
M_3C	310.4	285.3	258.6
M_7C_3	283.7	272.8	261.1
M_3C_2	258.6	222.8	186.1
$M_{23}C_6$	79.3	80.3	75.0

Fe	43
Cr	13
C	43

C > 40at%
安定なCr系炭化物 $M_{23}C_6$ や M_7C_3 以外の可能性有り

$\gamma + \alpha$ 域加熱材では準安定炭化物?

点列状炭化物



ナノ炭化物

VC

M_3C_2

M_3C

ナノ粒子: 安定炭化物VC+準安定炭化物が共存

まとめ

- ① $\gamma + \alpha$ 域加熱で一部逆変態した γ は、炭化物を析出して低炭素のマルテンサイト組織になった。
- ② 低炭素のマルテンサイト組織を含む母相からのナノ析出物は、準安定炭化物(M_3C/M_3C_2)であることが示唆された。