

1. 緒言 前報^{1),2)}において、Cu-Cr-Co-Ni-W系合金をインサート金属として用いることにより、Si₃N₄同士及びSi₃N₄と高融点金属の良好な接合継手を得られることを示した。本報告では、この合金系のインサート金属を用いてSi₃N₄と2 ¼ Cr - 1 Mo 鋼の接合について検討した。

2. 供試材料及び実験方法 2 ¼ Cr - 1 Mo 鋼の化学組成と機械的性質をTable 1に示す。また、インサート金属としてTable 2に示すような3種類の組成のCu-Cr-Co-Ni-W系合金を用いた。接合実験に際して、インサート金属をSi₃N₄と2 ¼ Cr - 1 Mo 鋼(形状はともに10^φ×10^ℓ)の接合界面に挿入し、1523K×600sの条件で接合した。その他の実験方法の詳細および接合強度の測定方法は第1報¹⁾と同様とした。

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of 2.25Cr-1Mo steel used

Chemical composition (wt%)							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Fe
0.11	0.23	0.45	0.009	0.003	2.38	0.99	Bal
Mechanical property							
Tensile strength (MPa)	Young's modulus (GPa)		Coefficient of thermal expansion (/K at 293K)				
862	207		11.5×10 ⁻⁶				

Table 2 Nominal compositions of Cu-Cr-Co-Ni-W alloys used as the insert metal in bonding (wt%)

Insert metal	Cu	Cr	Co	Ni	W	Fe
IM-1	95.0	1.1	2.0	1.1	0.7	0.1
IM-2	90.0	2.2	4.0	2.2	1.4	0.2
IM-3	80.0	4.4	8.0	4.5	2.8	0.3

3. Si₃N₄ と 2 ¼ Cr - 1 Mo 鋼の接合結果

3-1 き裂発生に及ぼす接合条件の影響

Si₃N₄ と 2 ¼ Cr - 1 Mo 鋼は熱膨張係数の差が大きいため残留応力により接合体にき裂が生じることが予想される。そこで、インサート金属組成および接合後の残留インサート層厚がき裂発生に及ぼす影響について調査した。接合にあたり、残留インサート層厚を変化させるために0.3, 0.5及び0.8 mm^φのW線(長さ2mm程度)を各3本づつスパーサーとしてインサート金属とともに接合界面に挿入した。接合後、残留インサート層厚を測定し、き裂の有無を調査した。Fig. 1にき裂発生に及ぼすインサート金属組成及び残留インサート層厚の影響を示す。き裂が発生した領域は残留インサート層厚が約300μm以下の場合であり、インサート金属の組成による大きな変化はない。しかし、3種類のインサート金属の中で、Cu含有量が最も少ない80%のIM-3では残留インサート層厚が約200μm以上の領域において、き裂の発生が認められない接合継手を得られることが明らかとなった。

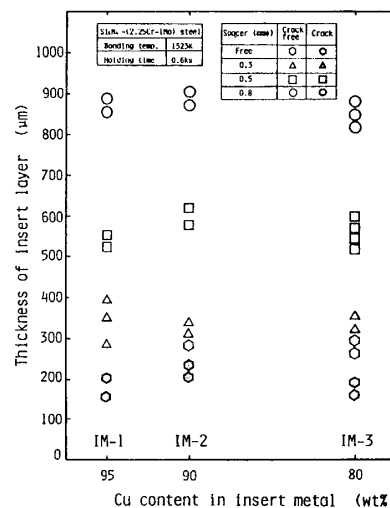


Fig. 1 Effect of copper content in the insert metal on the critical thickness of the insert layer to prevent crack in the joint of 2.25Cr-1Mo steel and Si₃N₄

3-2 接合継手部の接合強度 Fig. 1 においてき裂の発生しなかった領域の接合継手について接合強度を測定した結果が Fig. 2 である。接合強度はインサート金属組成及び残留インサート層厚によりあまり依存せず、120~180MPa 程度の値を示している。その中でも、残留インサート層厚が比較的小さいものは、バラツキも小さく平均で約 160MPa の接合強度を有している。

4. Si_3N_4 と 2¼Cr-1Mo 鋼接合部断面の組織

インサート金属として IM-3 を用い、残留インサート層厚が約 300 μm の場合について接合部断面の組織を観察したところ、接合部におけるボイドの発生もほとんどなく良好な接合継手であった。Fig. 3 はこの接合部断面の微視的組織を示したものである。 Si_3N_4 側の界面では細かな凹凸が見られ、2¼Cr-1Mo 鋼側の界面は凹凸の激しい入り込んだ形状を示している。また、接合部はいくつかの層をなした組織となっており、その様相から次の4つの領域に分けることができる。すなわち、2¼Cr-1Mo 鋼側の界面から、マトリックス中に晶出あるいは析出物が混在している領域Ⅰ、晶出あるいは析出物が認められない領域Ⅱ、晶出あるいは析出物が密に存在している領域Ⅲ及び Si_3N_4 と接した比較的幅の狭い領域Ⅳである。EDX によりこれらの領域の元素分析を行なった結果、以下のようなことが明らかとなった。領域Ⅰ及びⅢの晶出あるいは析出物は、Fe が主な構成元素で Cr がわずかに含まれている。また、領域Ⅱでは Cu のみか、領域Ⅳでは Cr のみか検出され、これらの元素の濃化が認められた。このような元素の分布状態から判断して、前報²⁾に報告した場合と同様、インサート金属構成元素のうち Cr が Si_3N_4 とインサート金属の接合に重要な役割を果たしていることが推察される。一方、これらの領域の硬さを測定したところ、領域Ⅱの硬さがその他の領域の硬さに比較して低下していることから、2¼Cr-1Mo 鋼との接合においてもこの Cu の富化した層が、接合過程で生じる熱応力のある程度緩和する役割を果たしているものと考えられる。また、インサート金属により 2¼Cr-1Mo 鋼がかなり浸食された様相を示しており、領域Ⅰ及びⅢには Fe 系の晶出物が晶出しているものと予想される。

参考文献 1) 中尾 他：溶接学会講演概要集第36集 (1985), P 68~69
2) 中尾 他：溶接学会講演概要集第36集 (1985), P 70~71

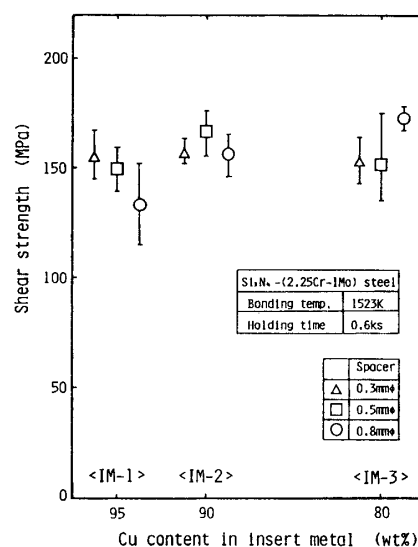


Fig. 2 Effect of copper content in the insert metal and the thickness of spacer on the shear strength of Si_3N_4 -(2.25Cr-1Mo) steel joint

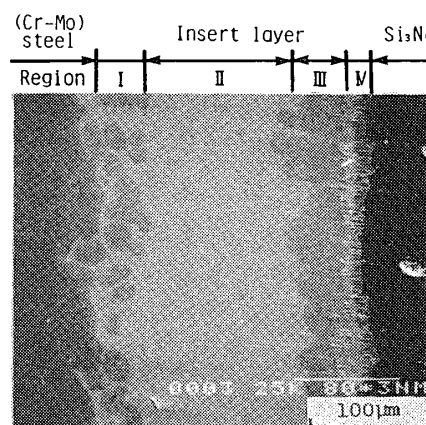


Fig. 3 Microphotograph near the bonding interface of Si_3N_4 -(2.25Cr-1Mo) steel joint