

残留応力測定によるWC系溶射皮膜の  
転動疲労寿命予測

2008年9月

足利工業大学 戸部研究室

## 第1部 WCの残留応力測定による転動疲労寿命予測

### 1. 研究背景および目的

当研究室では一昨年、ハードフェーシング委員会からの委嘱を受け、WC系溶射皮膜と硬質クロムめっきの転動疲労挙動の比較試験を行ってきた。その結果、総合的に見るとWC系溶射皮膜の転動疲労挙動は硬質クロムめっきより優れていることが明らかとなった。また、この研究の過程で転動疲労による皮膜の損傷と残留応力は、ある一定の関係があるのではないかとの知見が得られた。

そこで今回の研究では、残留応力を測定することによって、転動疲労寿命を推定する可能性を検討することとした。

### 2 実験方法

#### 2. 1 試験片および相手材

試験片形状寸法を図1に示した。材質はSUJ-2で、直径40mm、円筒面に皮膜を形成した。試験片の円筒部の詳細図を右側に示してある。同図のように円筒部には、0.3mmのアンダーカット加工が施されており、この部分に皮膜を形成した。皮膜を形成後、研削加工を施した。

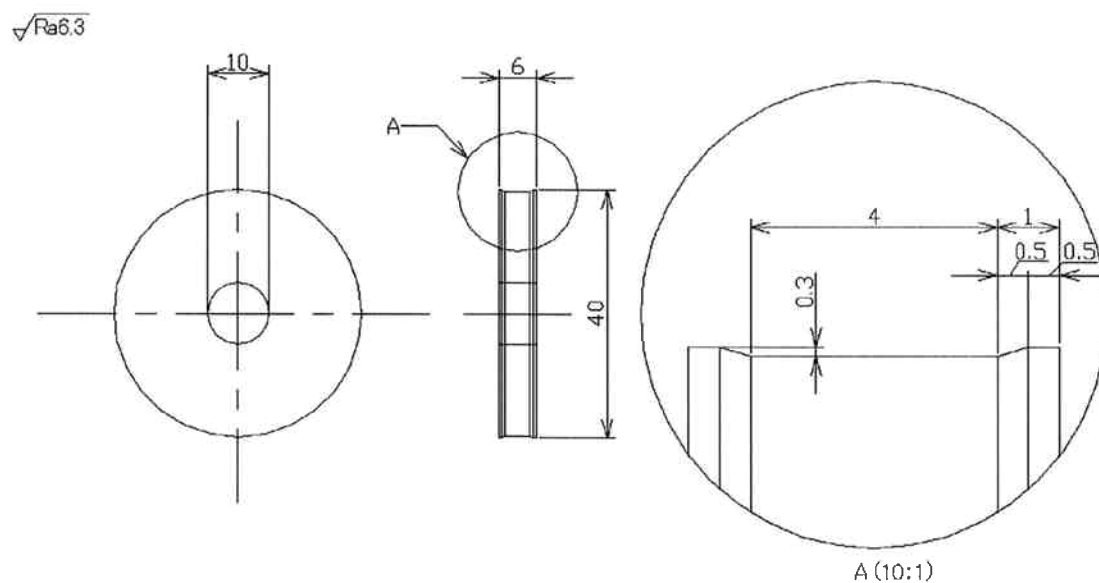


図1 転動疲労試験 試験片形状寸法

相手材の形状寸法を図2に示す。相手材直径は150mmで、材質はSUJ2である。円筒部には段付き加工が施してあり、試験片に接触する部分の幅は3mmとした。

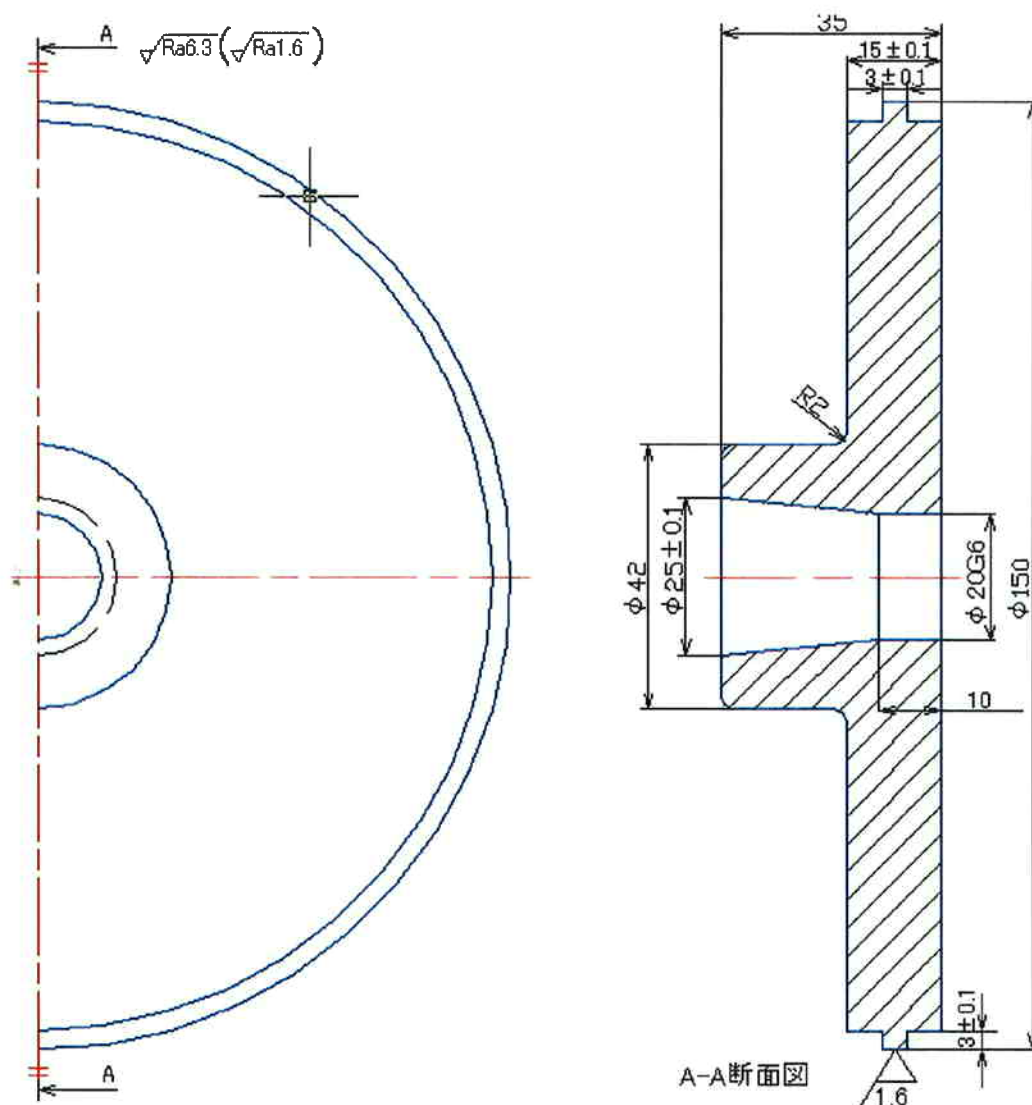


図2 転動疲労試験 相手材形状寸法

## 2. 2 試験片溶射条件

使用した WC 系溶射材料の化学成分を表1に示す。同表に示すように、3種類の材料を用いた。試験片の成膜は、HVOF 法によって施工した。溶射条件を表2に示す。

表1 WC系溶射皮膜の化学成分表 (mass%)

化学成分	W	Co	Cr	Fe	Ni	C
WC-12%Co	Bal.	12.2	—	0.09	—	5.2
WC-10%Co-4%Cr	Bal.	10.2	4.3	0.25	—	6.0
WC-20%CrC-7%Ni	Bal.	—	17.6	0.20	6.9	7.1

表2 試験片溶射条件

溶射装置	JP-5000
ガンバレル	6 インチ
燃料	灯油
酸素流量[l/min]	890
灯油流量[l/min]	0.3
粉末供給量[g/min]	76

### 2. 3 転動疲労試験と試験方法

転動疲労試験機の全体写真を図3に示す。また、試験片と相手材の一部の拡大写真を図4に示した。同図に示すように、モータからの駆動を相手材がダイレクトに受け、相手材が駆動側、試験片をそれに従動させるようにした。回転数は相手材が400rpm、試験片が1500rpm、荷重100Nに設定し行った。この場合の試験片と相手材の接触による最大ヘルツ応力は約 $331\text{N}/\text{mm}^2$ 、平均ヘルツ応力は約 $260\text{N}/\text{mm}^2$ である。転動疲労試験は、 $1.8 \times 10^6$ 回転（上記回転数の条件で20時間）ごとに停止し、摩耗量測定、顕微鏡観察、X線残留応力測定を行った。顕微鏡観察およびX線残留応力測定は試験片の円周上に等間隔に定めた8点とした。転動摩擦係数では、トルク変換機、動ひずみ測定器によって $1.8 \times 10^6$ 回転ごとにトルクを3600s測定し、計算によって転動摩擦係数を求めた。

試験は条件を揃えるため、 $1.8 \times 10^6$ 回転ごとに停止させたとき、相手材を#800および#1000の研磨紙によって研磨、その後アセトンによる洗浄、軸受けのグリスアップを行った。試験片の質量測定前はアセトンで洗浄し十分乾燥させ、電子天秤で質量を測定した。

尚、この試験機は、皮膜はく離を検知し、自動停止が可能なようにリミットスイッチをつけた。

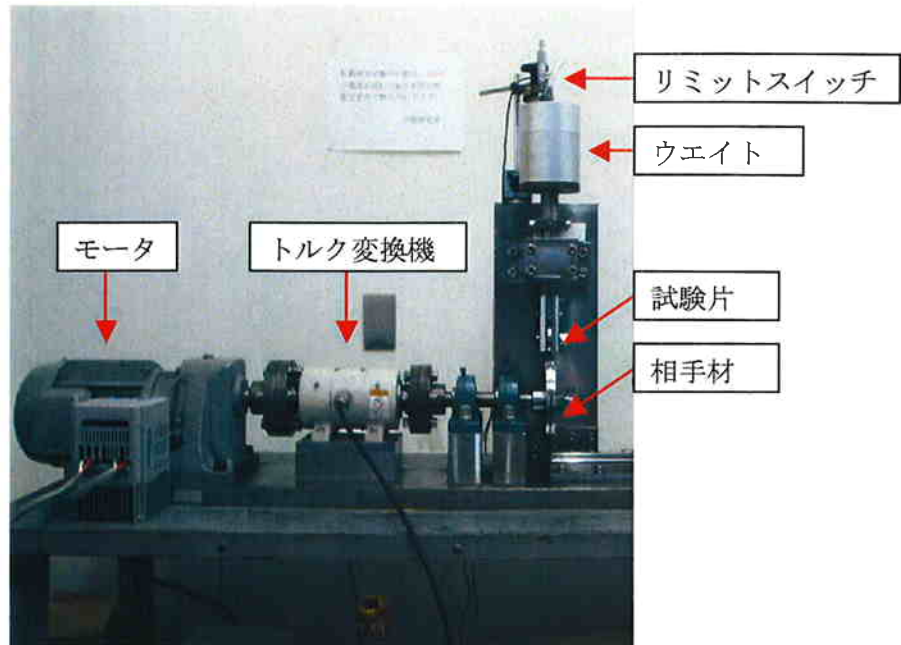


図3 転動疲労試験機の全体

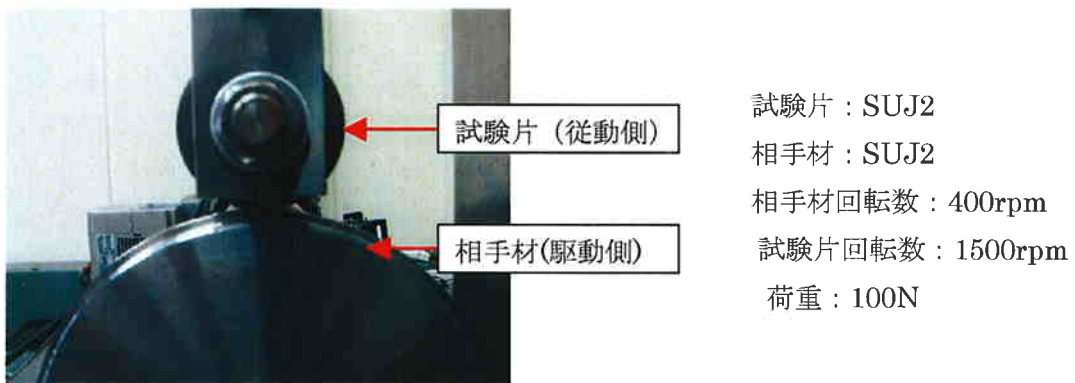


図4 試験片と相手材

#### 2. 4 X線残留応力測定および条件

X線法によって残留応力を測定した。冒頭に述べたように測定の対象はWCである。X線応力測定条件を表3に示す。1.8×10<sup>6</sup>回転ごとにX線残留応力測定を行った。測定は8点(顕微鏡観察と同点)で行い、それぞれの点の残留応力の変化を調査した。使用したX線回折装置の全体図を図5に、応力測定部(ゴニオメータ)を図6に示す。

表3 WC についての X 線応力測定条件

X 線	Cr-k $\alpha$
Diffraction plane	124.438°
Diffraction angle(h,k,l)	1,1,1
Filter	V
Counter	PSPC
Tube voltage[kV]	40
Tube current[mA]	200
Collimeter[mm]	2.0



図5 X 線回折装置全体



図6 X 線応力測定部 (ゴニオメータ)