

## 日本 FUJIMI 的 SURPREX W12 系列热喷涂粉末

SURPREX WC12采用团聚烧结法生产，成份为WC/12%Co。由于生产过程中对颗粒尺寸和强度的严格控制，HVOF喷涂WC12时沉积效率很高，而且不会出现枪管堵塞。

我们发现，原材料中WC颗粒平均尺寸对喷涂涂层的性能影响很大。FUJIMI提供的WC12粉末根据客户提供的喷涂条件和涂层性能要求的进行优化。

### 1. 种类

为适用于不同的喷枪，SURPREX WC12 有四种类型。

种类	粒度 μm	喷枪
SURPREX WC12L	-53+15	JP-5000, JPW5, J gun, DJ2600, DJ2700, AxialIII, High power plasma gun, etc
SURPREX WC12J	-45+15	JP-5000, JPW5, J gun, HVOF, Jet Kote, DJ2600, DJ2700, Axial III, Ordinary plasma gun, etc.
SURPREX WC12D	-38+10	DJ standard, DJ1000, HVOF, Jet Kote, Ordinary plasma gun, etc.
SURPREX WC12S	-30+5	SB-250, SB-500, θ gun, etc.

### 2. 性能

典型化学成份（重量%）

元素	W	C	Co	Fe
种类				
SURPREX WC12J	余量	5.4	12.0	0.03

典型粒度分布(累积重量%)

粒度	+45μm	+38μm	+32μm	-20μm	-15μm
种类					
SURPREX WC12J	4.4	12.1	23.5	16.8	3.3

### 3. 涂层特性与应用

特性	应用	
● 高硬度	● 蛇形转子	● 印刷机械
● 高韧性	● 导向辊	● 注塑机零件
● 耐磨	● 刮浆刀	● 风扇叶片
● 耐磨蚀	● 新鲜橡胶刀	● 风扇盘
● 耐磨粒磨损	● 挖掘机工具	● 测量器具



图1. 喷涂粉末的SEM照片  
SUPREX WC12 粉末颗粒接近理想球形，流动性好。对颗粒的强度和致密度的优化（通过严格控制团聚和烧结过程），可以达到很高的沉积效率，而且不会出现枪管堵塞

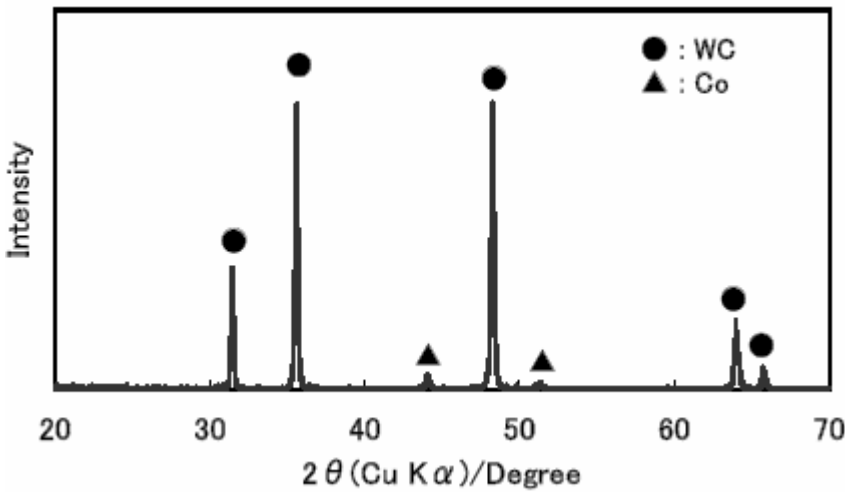


图2 粉末的X-射线衍射图谱

X-射线衍射分辨出的各晶体相全部是WC和Co。团聚后的烧结在严格控制气氛的大型烧结炉中完成，以防止失碳。少量的 $\eta$ 相( $\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$ )或者 $\text{W}_2\text{C}$ 都没有出现。

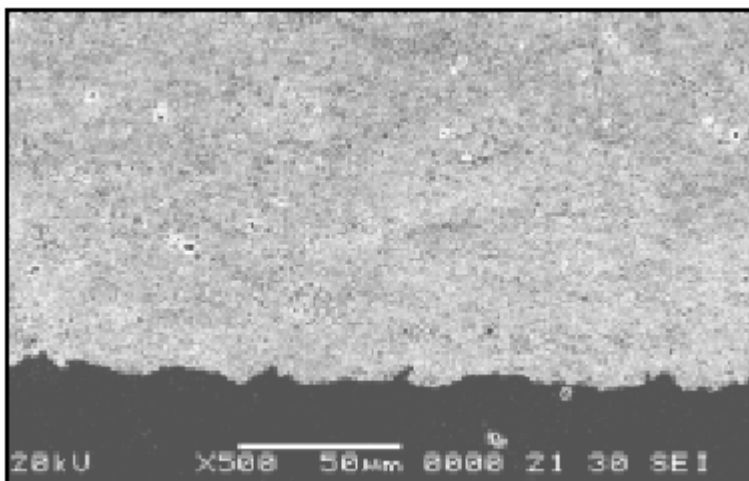


图3. 涂层截面的显微结构 (SEM)

WC均匀分布在致密涂层中，仅有少量孔隙（用JP-5000喷涂）

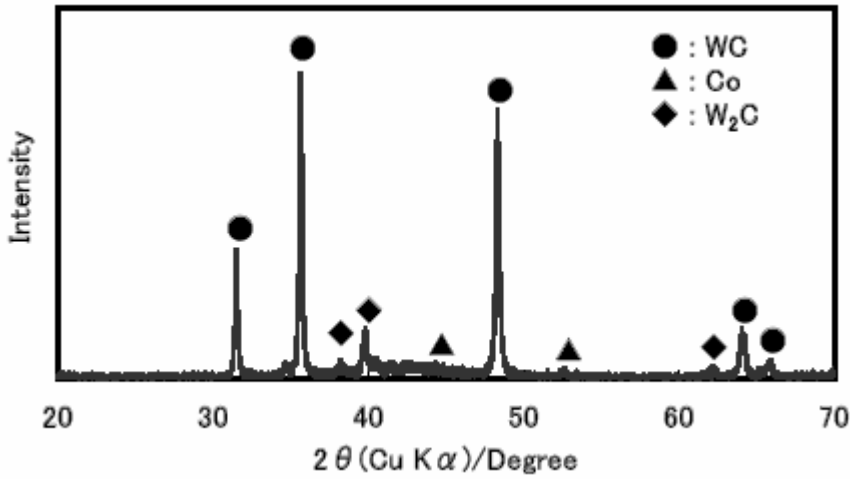


图4. 涂层的X-射线衍射图谱

X-射线的主要衍射峰为WC，少量低峰值的W<sub>2</sub>C。不希望有的η相（Co<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C）没有出现，说明WC的分解水平很低

#### 4. 涂层特性数据

对SUPREX WC12涂层的性能与喷涂条件之间的关系，采用常见的JP-5000喷枪，进行了研究。

JP-5000的喷涂参数

氧气 (升/分)	煤油 (升/分)	燃烧室压力 (MPa)	枪管长度 (英寸)	喷涂距离 (毫米)	送粉速率 (克/分)
893	0.32	0.68	4、8	260-540	70

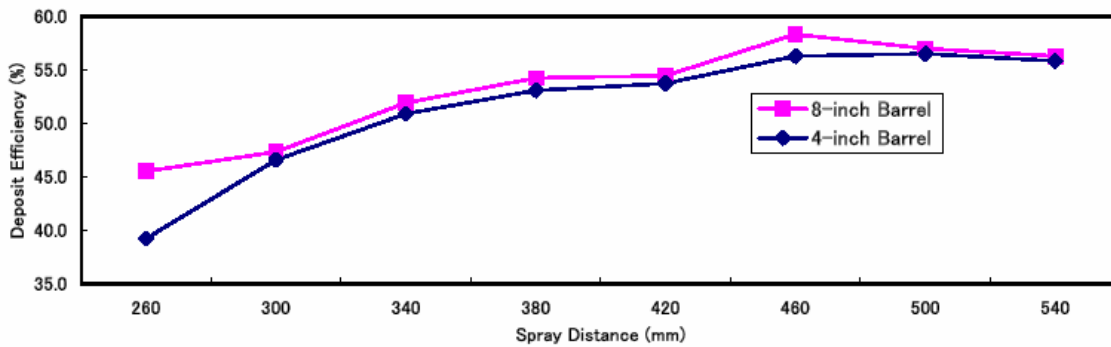


图5. 喷涂距离与沉积效率之间的关系

“喷涂距离”指喷枪前端到基底之间的距离

喷涂距离越长，沉积效率越高，但超过500毫米后开始降低。喷涂距离越短、枪管越长，涂层越致密。

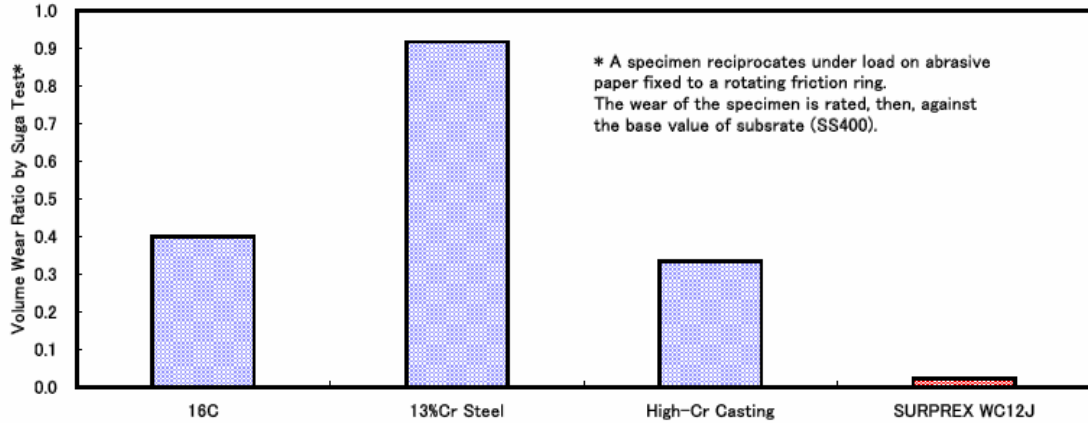


图6. 不同材料磨损速率的比较

采用Suga方法比较了3种常见耐磨材料和SUPREX WC12J的干态耐磨性。13%Cr钢（电弧喷涂）是基底材料，SS400的1.1倍；16C（镍基自熔性合金，重熔态）是SS400的3倍。SUPREX WC12J是基底材料的40倍。

### 5. 原材料WC的粒度对涂层一些性能的影响

研究了JP-5000喷涂时WC原材料的初始粒度对涂层一些性能的影响。考虑到最高性价比的WC粒度在图中显示为◆。为提高耐磨性，在成本提高情况下，采用较大WC颗粒。JP-5000的枪管在WC粒度大于5或者6 $\mu\text{m}$ 的情况下，更容易磨损。

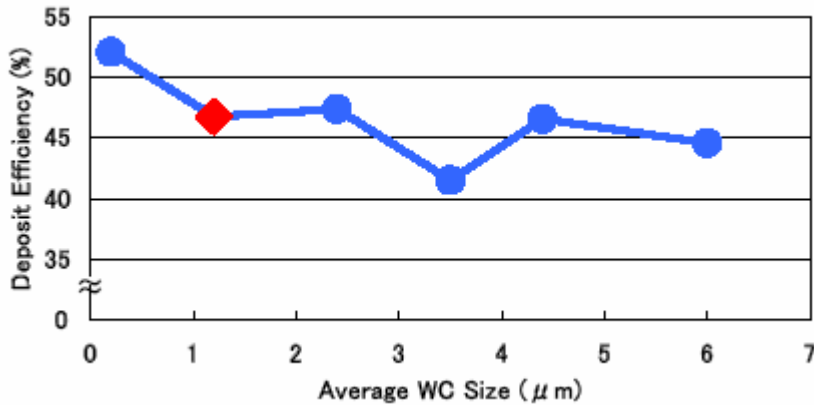


图7. 沉积效率

WC原材料的初始粒度越大，沉积效率越低

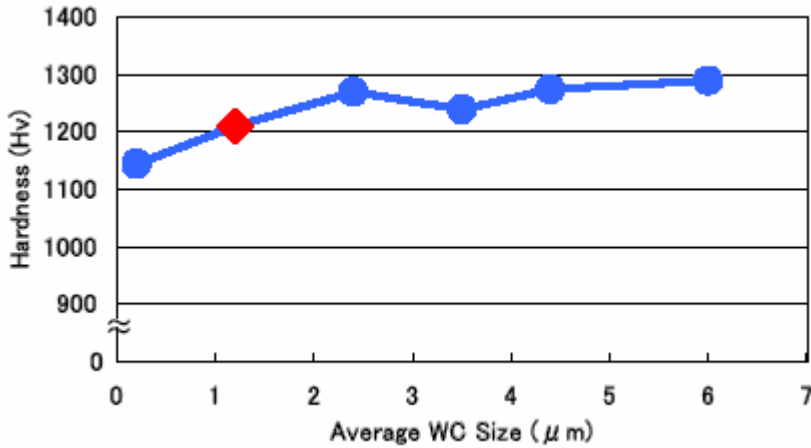


图8. 涂层硬度

WC原材料的初始粒度越大，硬度越高 (HV: 200g)

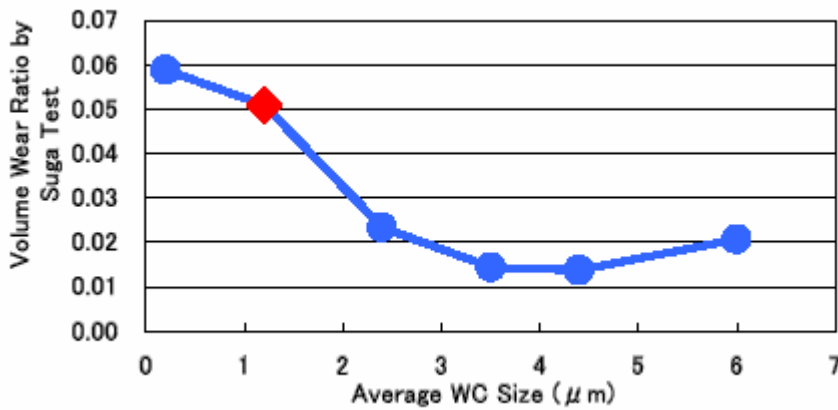


图9. 干态磨损测试

干态耐磨性能在WC粒度达到 $4\mu\text{m}$ 时显著改善。 $3.5\mu\text{m}$ 的耐磨性是 $0.2\mu\text{m}$ 的4倍。

在DJ超音速喷枪喷涂时观察到同样趋势。