

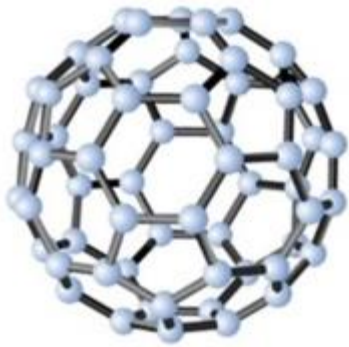
# IF-WS<sub>2</sub> (無機二硫化鎢富勒烯)

## 全球最環保的潤滑添加劑



力精微有限公司  
POWER MICRO CO.,LTD

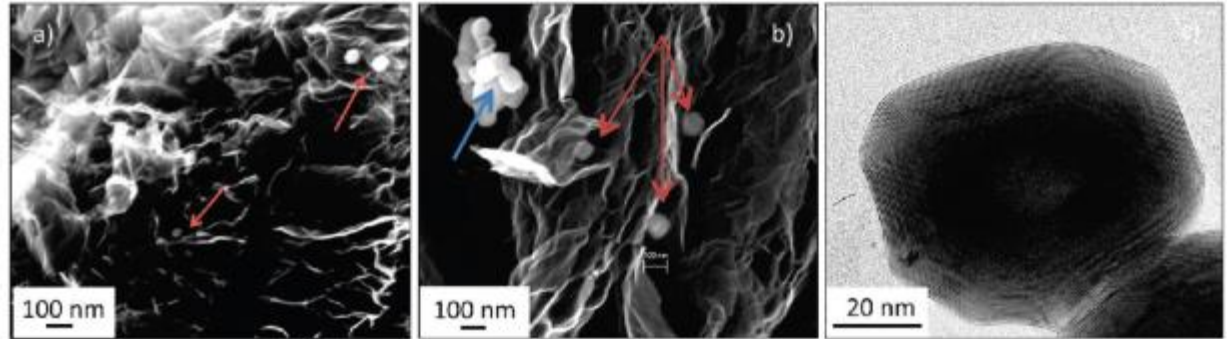
# IF-WS<sub>2</sub> 無與倫比的優異特性



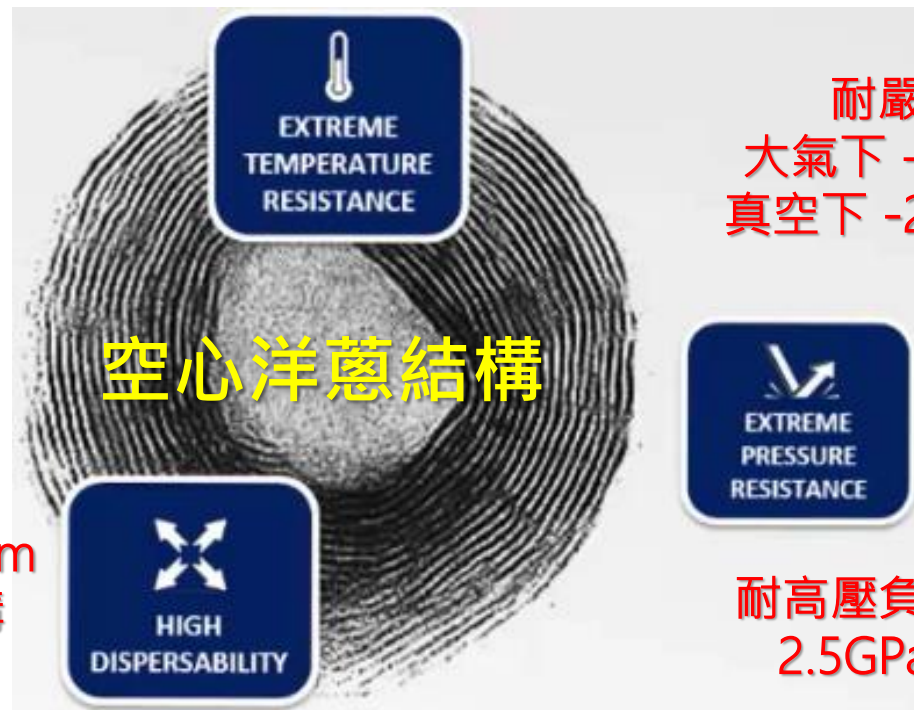
足球外觀

超低磨擦係數  
動摩擦<0.03  
靜摩擦<0.01

外徑只20~30nm  
20層洋蔥結構



電子顯微鏡下富勒烯存在金屬微小縫隙



空心洋蔥結構

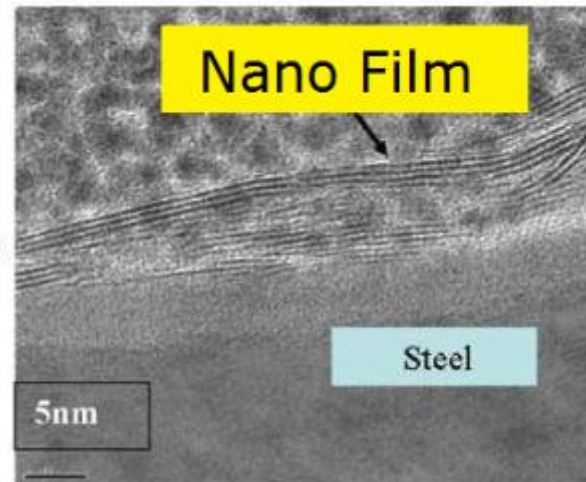
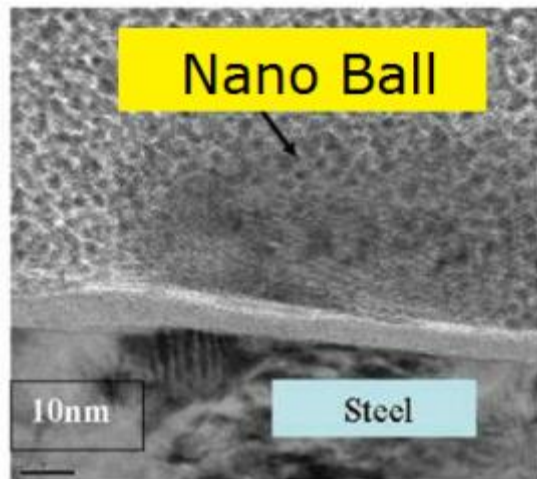
耐嚴苛溫度

大氣下 -150~650度  
真空下 -273~1,300度

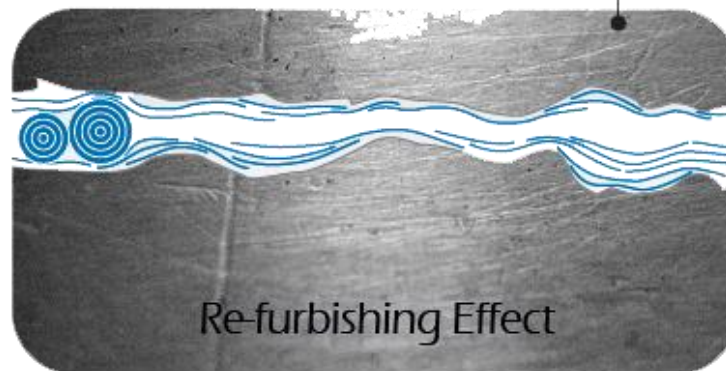
耐高壓負荷  
2.5GPa

# IF-WS<sub>2</sub> 具滾動潤滑與自我產生潤滑膜特性

通過歐盟無毒、安全認證標籤



Dual-Effect Active Material

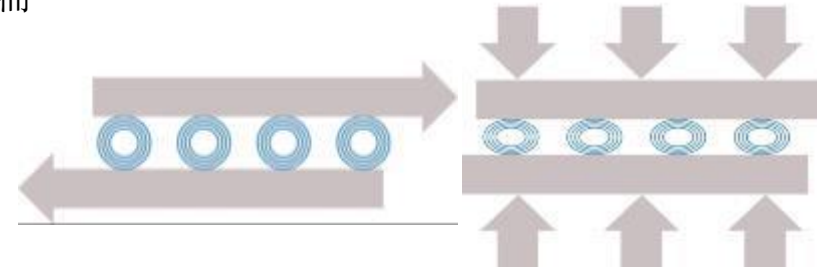
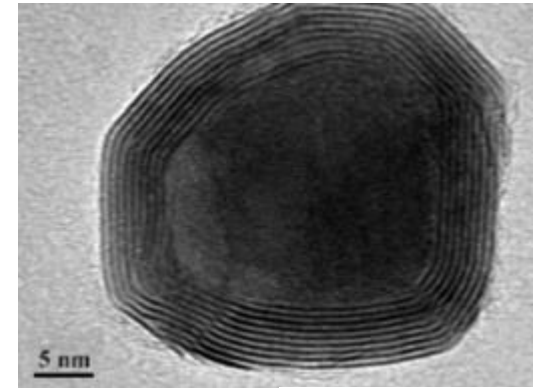




# IF-WS<sub>2</sub> as Extreme Pressure Agent

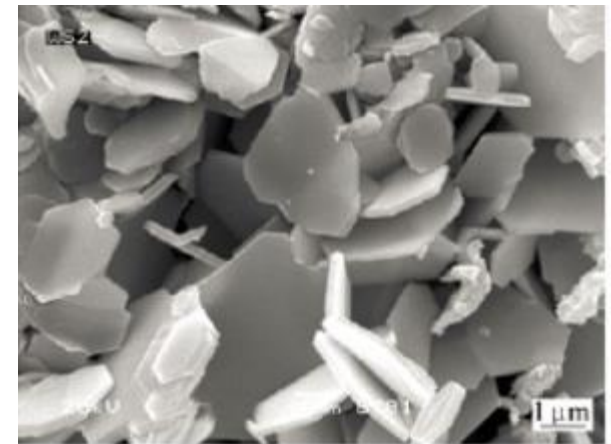
## IF-WS<sub>2</sub> 奈米富勒烯極壓潤滑特性:

- **滾動摩擦型式**：富勒烯3維結構最小尺寸約20nm，球狀外觀在金屬間摩擦滾動/滑動而降低摩擦係數，在越光滑的金屬表面上越佔優勢。
- **空心吸震特性**：空心緩衝空間可承受高達25GPa的高壓，並大幅吸收摩擦震動，並可承受極端負荷，減少微點蝕(micro-pitting)磨耗
- 資料來源 [Inorganics 2014, 2, 212; doi:10.3390/inorganics2020211](https://doi.org/10.3390/inorganics2020211)



## 其他固體EP添加劑特性:

- 都是2維平板結構，最小尺寸約1~4um，微米尺寸比起奈米尺寸更難在液體中分散。
- 2H-MoS<sub>2</sub> 其硫原子層間只能透過弱凡德瓦爾力 ( Van der Waals forces) 鍵結在一起。
- 其他如石墨與氮化硼，其原子層間的滑動會造成摩擦係數CoF變差，抗極壓 EP 能力變差，抗衝擊Shock 能力變差，化學活性鍵變得不穩定。



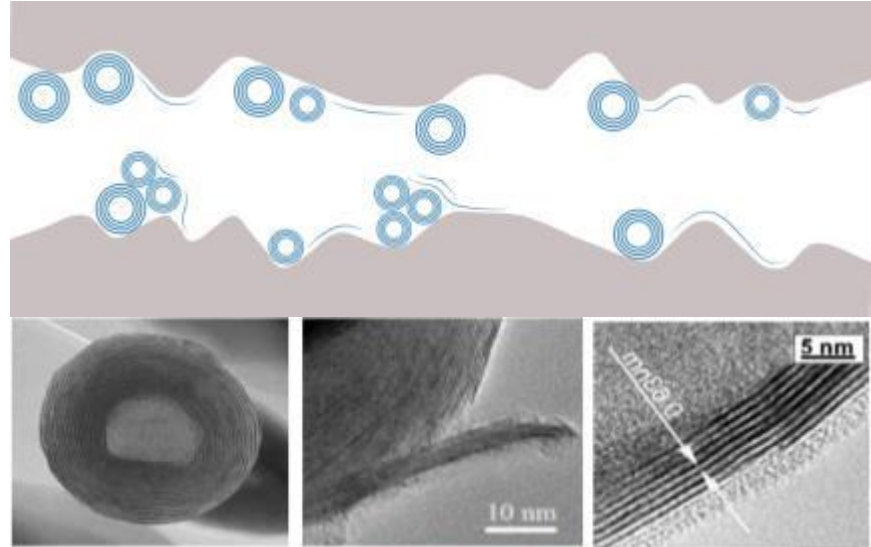
# IF-WS<sub>2</sub>'s performance as a lubricant

## IF-WS<sub>2</sub> 潤滑保護機制:

- **填補保護機制**：IF-WS<sub>2</sub>由於具有奈米尺寸關係，球體顆粒可以填充金屬表面上的粗糙和裂縫，防止金屬表層微裂紋進一步的擴展和生長。
- **潤滑膜保護機制**：IF-WS<sub>2</sub>的洋葱狀結構，受到金屬間強大剪力摩擦後會逐漸剝落外層組織，在金屬表面上產生多層奈米潤滑膜(Tribo-Film)，形成另一種保護機制。

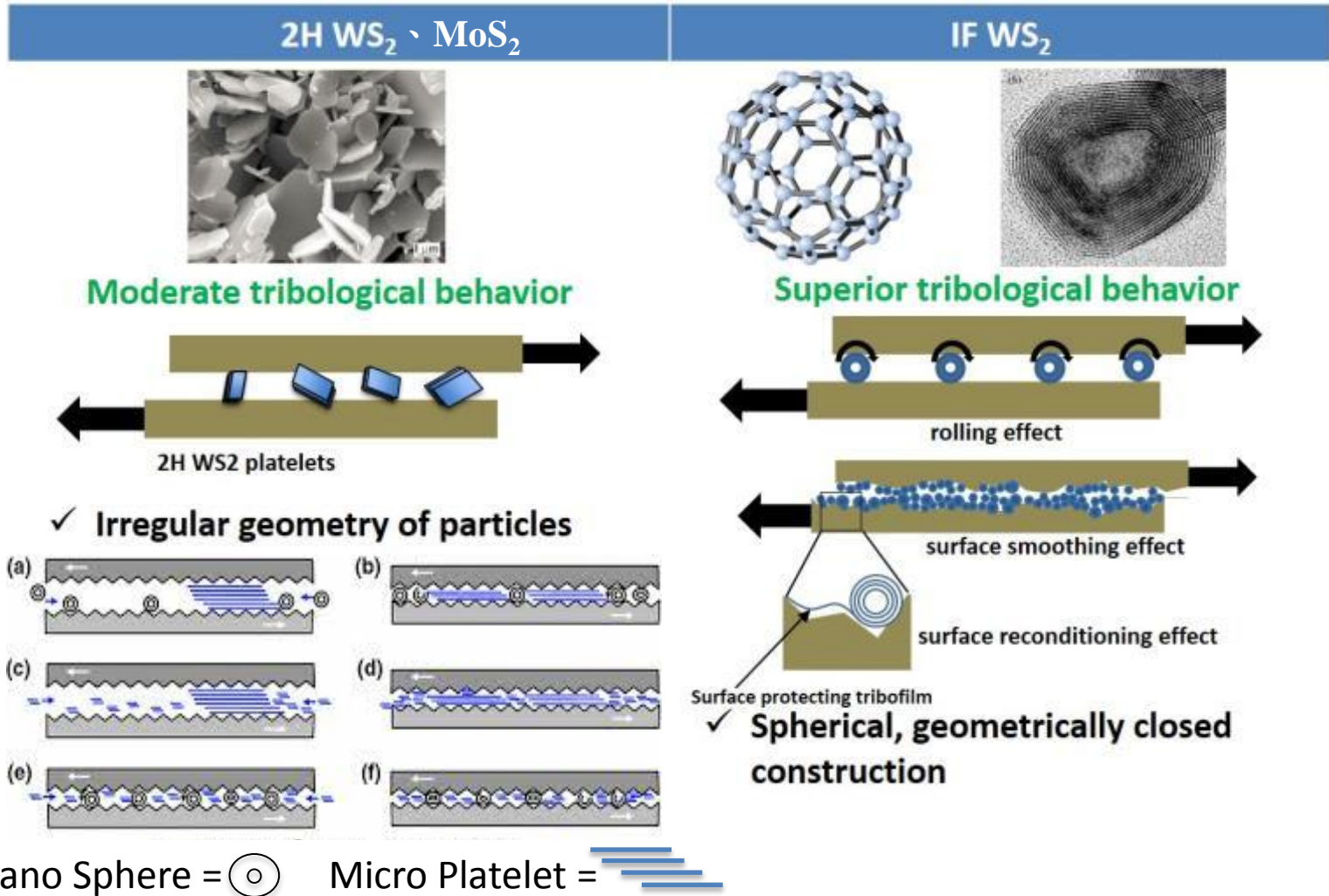


P. U. Aldanaab, F. Dassenoya, B. Vachera, T. Le Mognea, B. Thiebautb and A. Bouffetb, *Tribology Transactions*, 59, 2015



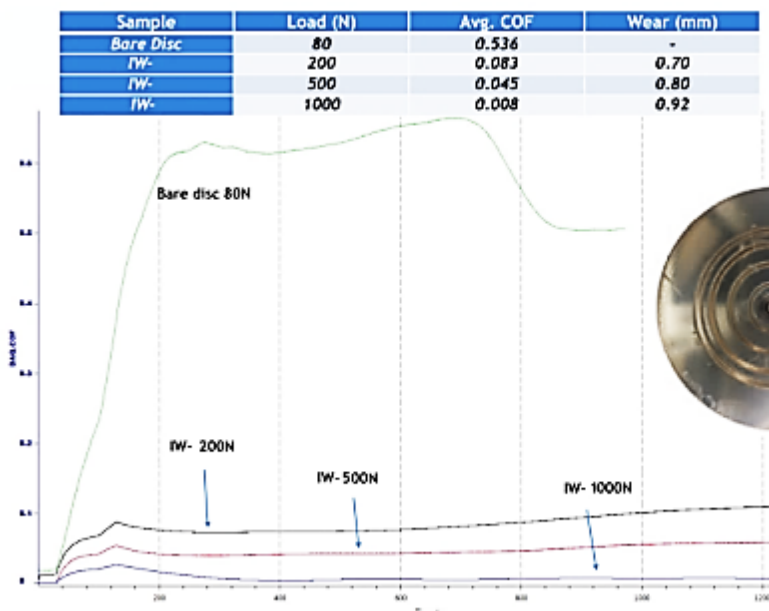
IF-WS<sub>2</sub> 外層剝離潤滑膜 電子顯微鏡影像

# Size and Shape Matters

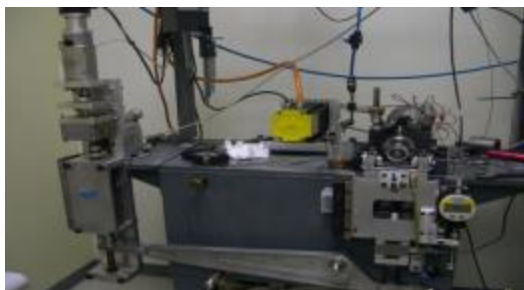
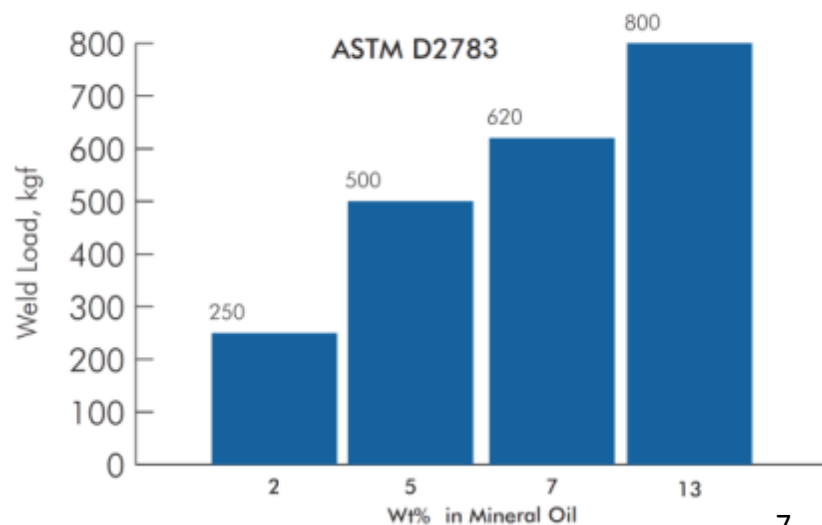


# IF-WS<sub>2</sub> 同時兼具EP/AF/AW特性

- 全球添加劑唯一具有低摩擦(AF),抗磨損(AW),耐極壓(EP)多重效益
- 全球潤滑添加劑**最高耐壓力**, Load>800Kgf
- 全球潤滑添加劑**最低摩擦係數**, COF<0.009



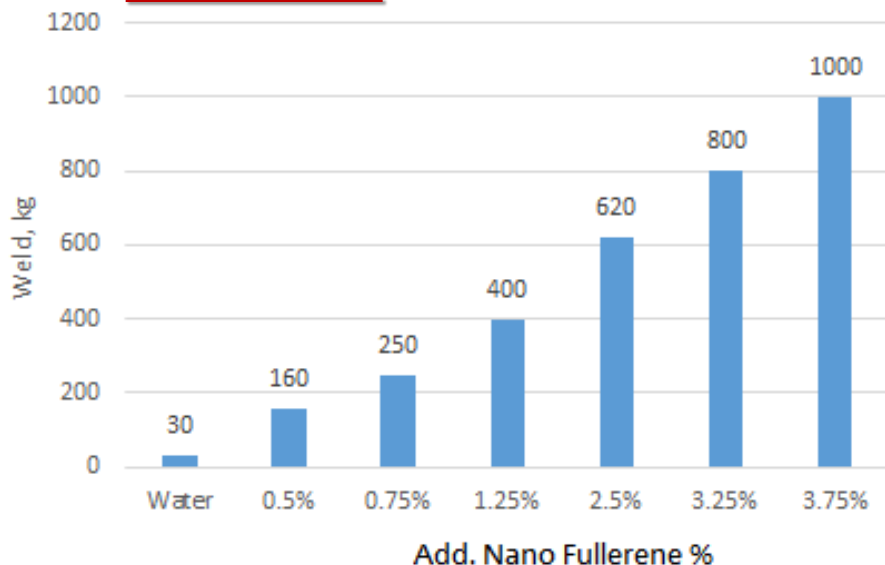
## 4-Ball Extreme Pressure Test (Weld load, kgf)



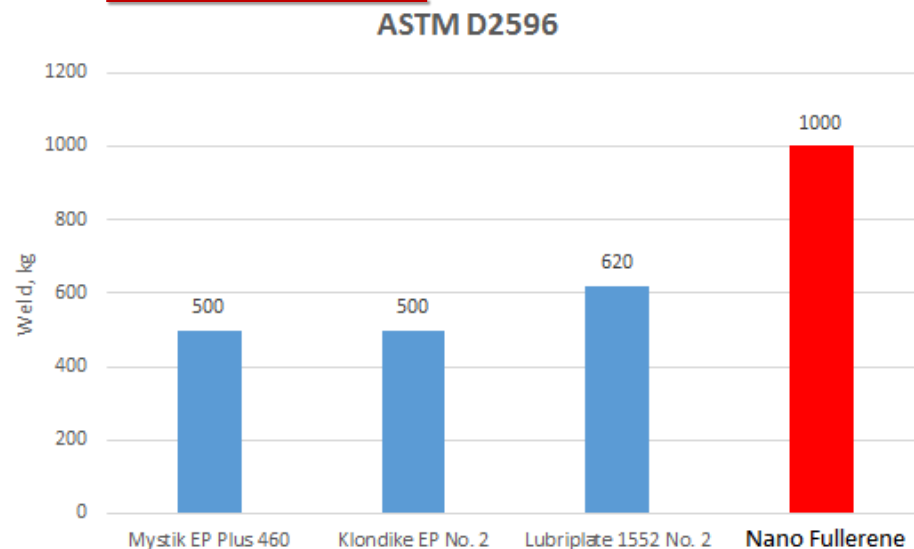


# IF-WS<sub>2</sub> 添加後潤滑性能測試

## 純水添加測試耐壓能力



## 潤滑油添加測試耐壓能力



## 應用在水性切削液的添加

- (1) 切削廢液中無有害物質，零件易清洗，不易隨著水分蒸發。
- (2) 純水也可潤滑，可當合成切削液

## 應用在基礎油的添加

- (1) 市場潤滑油測試最高耐壓性能
- (2) 不需添加過多極壓劑，環保。
- (3) 潤滑油使用壽命延長



# IF-WS<sub>2</sub> 添加銅腐蝕測試

## Copper Corrosion on Industrial Lubricant Formulations

### Copper Corrosion (ASTM D130)



0.00%  
Solids

2a-2b

0.15%  
IF-WS<sub>2</sub>

1a

0.30%  
IF-WS<sub>2</sub>

1a

0.90%  
IF-WS<sub>2</sub>

1b



# IF-WS<sub>2</sub> 添加銅腐蝕測試

## Copper Corrosion on ISO 220 Industrial Gear Oil Lubricants

### Copper Corrosion (ASTM D130)



ISO 220  
Mineral

1a



ISO 220  
Synthetic

1b



ISO 220  
MoS<sub>2</sub>

4a



Sulfur Attack

ISO 220  
IF-WS<sub>2</sub>

1a-1b



# IF-WS<sub>2</sub> 添加熱傳性能增加20%

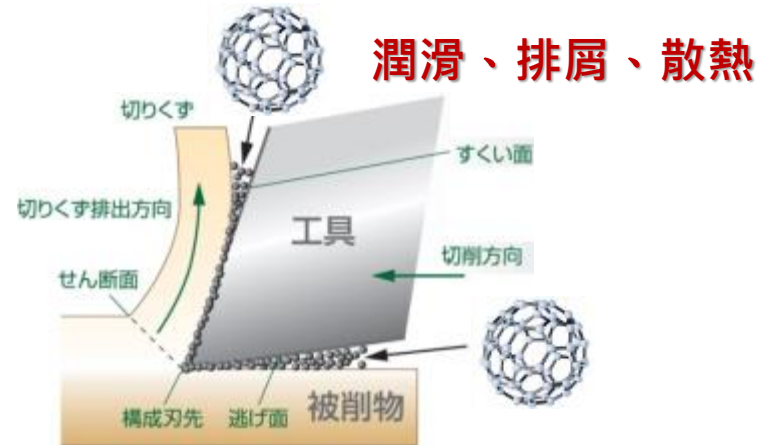
Samples	Average Thermal Conductivity (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	Standard deviation
Distilled water	0.610	0.010
~0.5% IF-WS <sub>2</sub>	0.727	0.030

IF-WS<sub>2</sub> nanoparticles improve heat transfer properties of water by 20%, that makes MWF not only good processing fluid but also a good cooling fluid, that will allow processing under high pressure, high speed and high temperature.

# IF-WS<sub>2</sub> 水性添加劑 (IW-4000)

## -提升加工品質&刀具壽命

全球唯一可加在水性切削液的奈米材料，加工過程中會對刀具形成奈米潤滑薄膜，提高切削液散熱20%效益，降低摩擦高溫減少刀具黏著磨耗(BUE)。



### 應用案例說明 (Case Study):

#### ➤ 日本UNION TOOL /瑞士DIXI 端銑刀

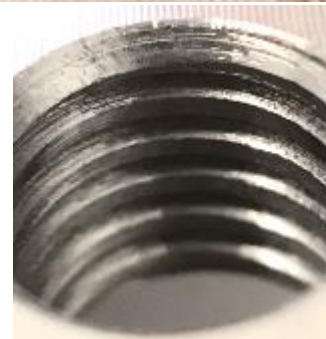
① 切削材質- 不銹鋼

#### ➤ 測試結果(刀具鍍膜剝離便停止使用):

① UNION Tool 刀具壽命增加120%

② DIXI 刀具壽命增加150%

③ 切削刀痕與排屑大幅改善





# IF-WS<sub>2</sub> 水性切削&研磨液

## -金屬銑削/研磨測試

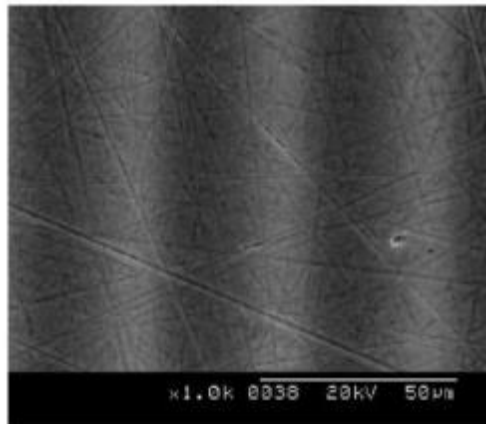
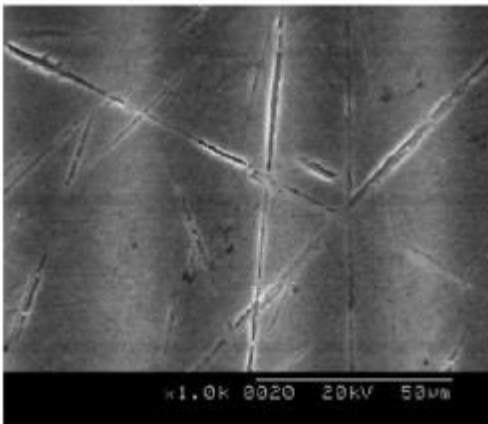


無添加劑  
加工痕明顯





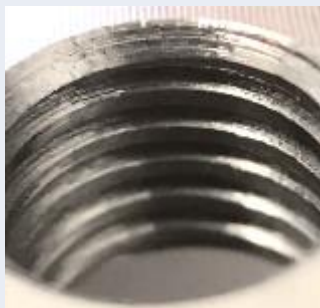





有添加劑  
加工面光滑

- 碳鋼CNC加工試片
- 端銑刀加工
- 2000 RPM
- 表面黏著磨耗減少




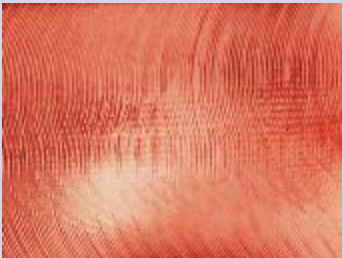
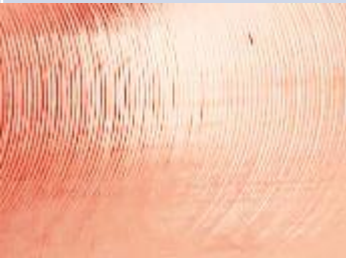




- 鈦合金研磨試片
- 金剛石砂輪加工
- #1000
- 表面粗糙度改善

# IF-WS<sub>2</sub> 水性切削液-加工刀痕變化

	平面銑削		鑽孔攻牙	
材質	無添加	<u>有添加</u>	無添加	<u>有添加</u>
不銹鋼 (SUS 440C)	 <b>Ra0.731</b>	 <b>Ra0.330</b>		
碳鋼 (S50C)	 <b>Ra1.241</b>	 <b>Ra0.144</b>		

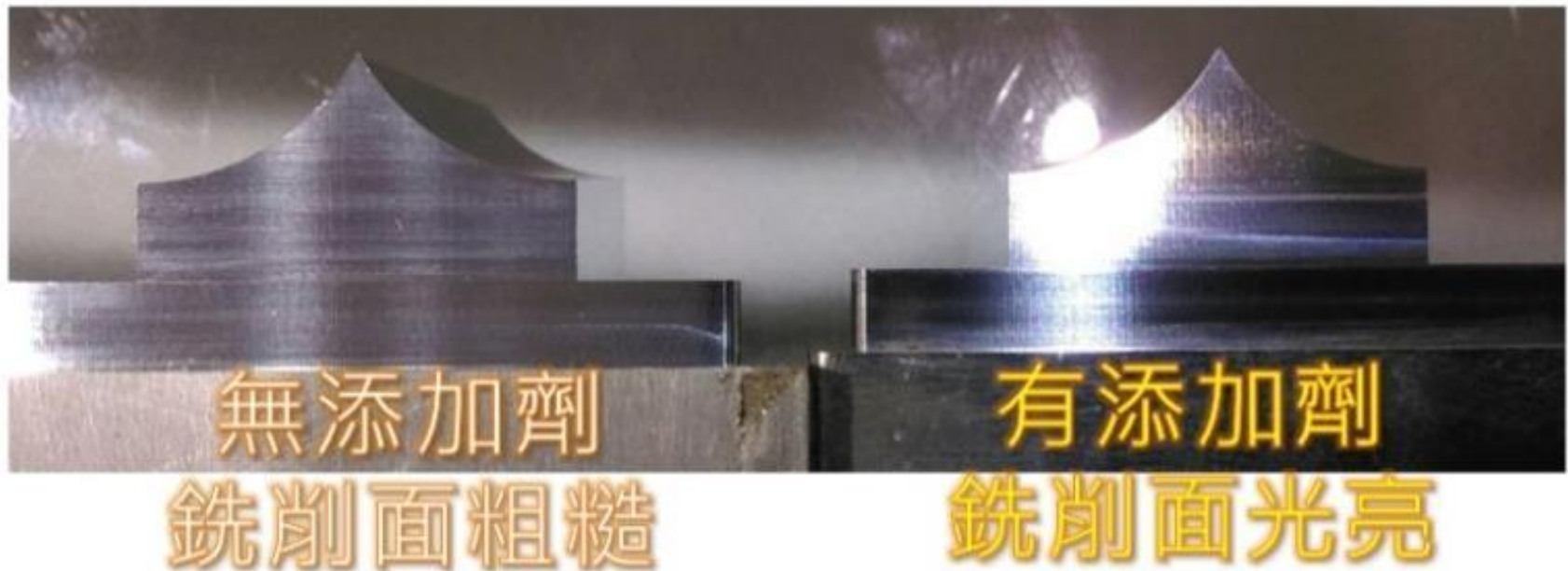
# IF-WS<sub>2</sub> 水性切削液-加工刀痕變化

	平面銑削		鑽孔攻牙	
材質	無添加	<u>有添加</u>	無添加	<u>有添加</u>
鋁合金 (6061-T651)	 <b>Ra0.202</b>	 <b>Ra0.104</b>		
銅合金 (放電電極)	 <b>Ra0.279</b>	 <b>Ra0.089</b>		

# IF-WS<sub>2</sub> 水性切削液

## -減少刀具切屑黏著,提升表面加工品質

- 鋁合金6061在高速銑削時,會因為刀具與材料高速磨擦升溫,導致鋁合金瞬間呈現半熔融狀態,此時鋁合金會沾黏在刀尖上,造成加工刀痕明顯&影響排屑效果, 刀具損壞速度加快.
- 透過IF-WS<sub>2</sub> 切削液潤滑特性,可以明顯減少加工**刀痕**與表面**粗糙度**,進而改善刀具壽命。特別適合銅合金 / 鋁合金 / 不銹鋼切削加工。





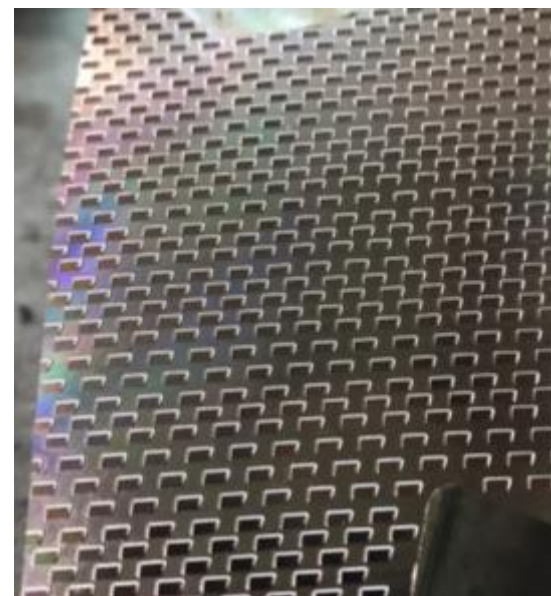
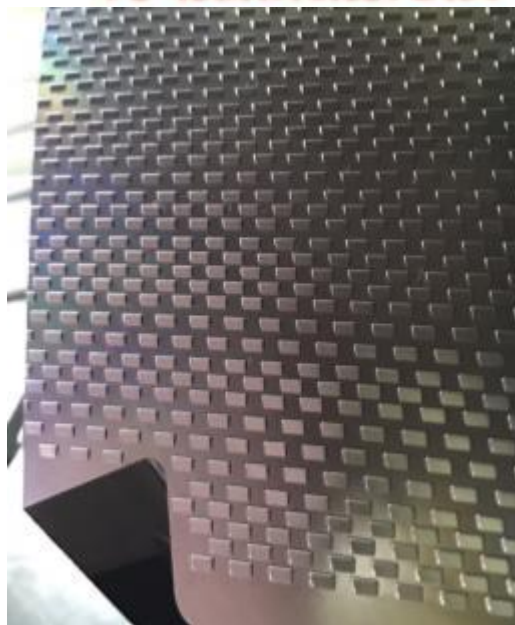
# IF-WS<sub>2</sub> 水性切削液-改善銑削粗糙度

- 車燈高硬度模具(HRC60)  
銑削雕刻,透過IF-WS<sub>2</sub> 切削液特性改善加工刀痕,可減少後續鏡面拋光時間並提高鏡面品質。



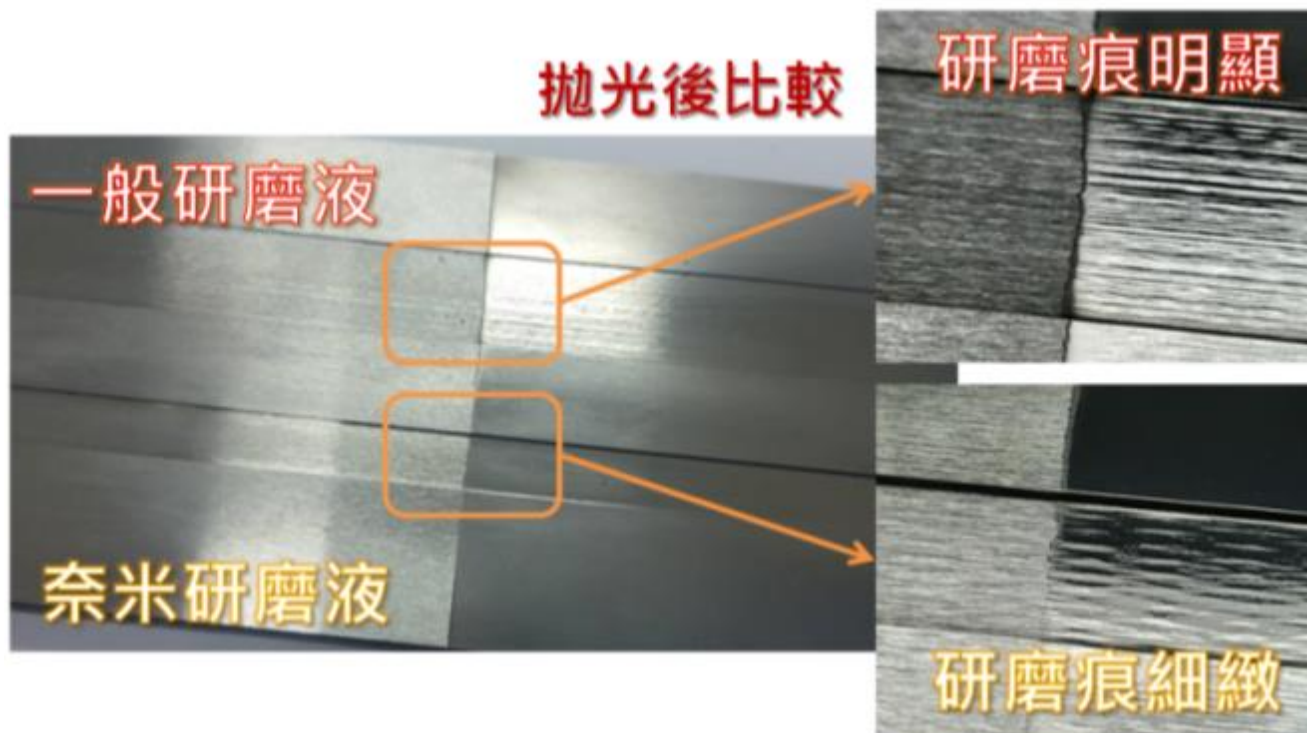
一般水性切削液  
有明顯銑削刀痕

奈米切削液  
銑削刀痕細緻



# IF-WS<sub>2</sub> 水性研磨液-改善研磨粗糙度

- 軸承鋼SUJ2(HRc60)研磨時因砂輪與材料磨擦升溫,導致材料瞬間呈現半熔融狀態,此時粉屑會塞住砂輪孔隙內,造成震動導致研磨痕明顯.
- 透過IF-WS<sub>2</sub> 研磨液可提升20%散熱性能,改善砂輪研磨顫震問題.
- 添加10%改善表面粗糙度81%(Ra1.607→Ra0.305).

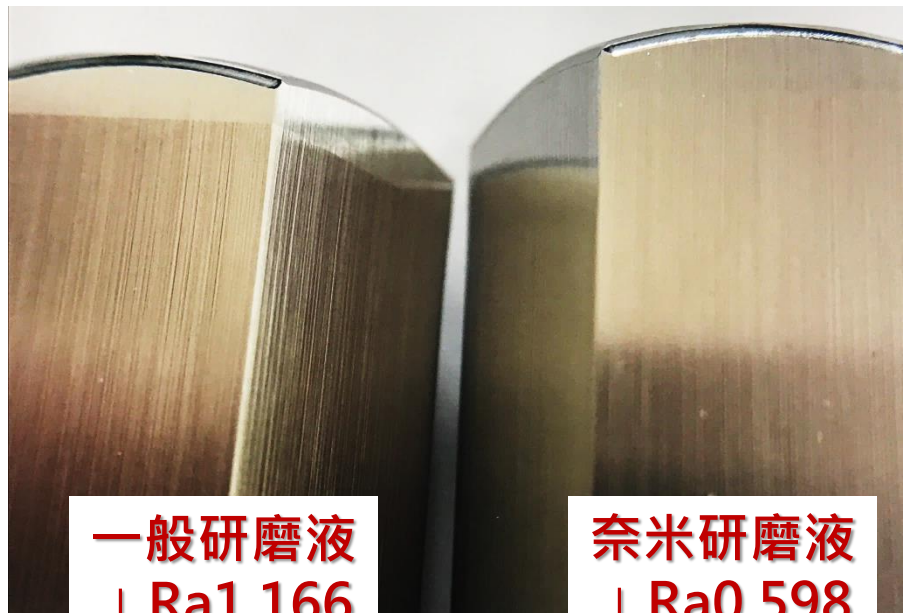


# IF-WS<sub>2</sub> 水性研磨液-改善研磨粗糙度

- 高速鋼SKH59/M42(HRc65) 研磨震動導致研磨痕明顯. IF-WS<sub>2</sub> 研磨液可提升20%散熱性能與潤滑效果,減少砂輪研磨振動,
- 添加5%改善表面粗糙度15.4%(Ra1.166→Ra0.987).
- 添加10%改善表面粗糙度48.7%(Ra1.166→Ra0.598).



材料:M42(HRc65)  
砂輪 :氧化鋁#120  
轉速 : RPM5,000



一般研磨液  
⊥ Ra1.166  
研磨痕明顯

奈米研磨液  
⊥ Ra0.598  
研磨面光滑



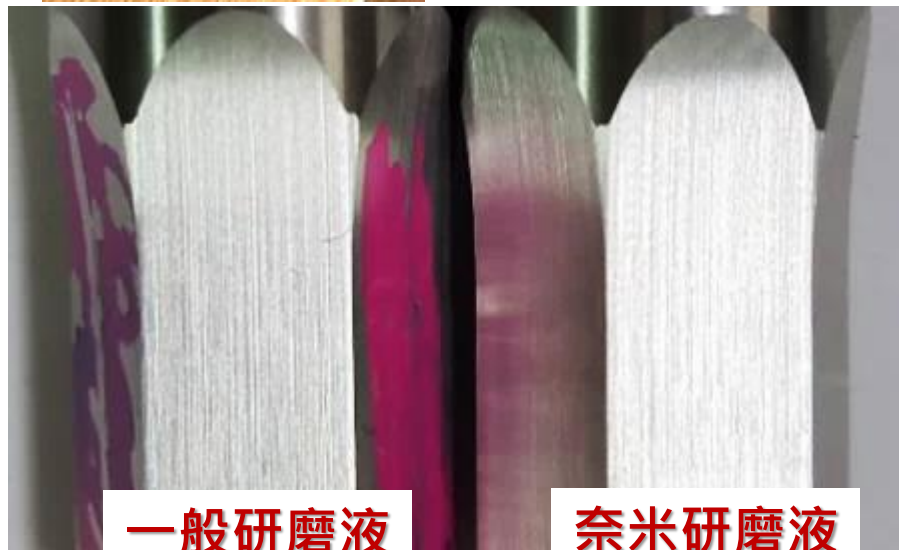
# IF-WS<sub>2</sub> 水性切削液-改善車削粗糙度

- 高速鋼SKH9/M2(HRc20)CNC車削, 透過IF-WS<sub>2</sub> 水性切削液可提升20%散熱性、改善車刀排屑與刀尖潤滑, 車削中心點的表面粗糙度改善14.7%(Ra0.292→Ra0.248).



一般切削液  
Ra0.302  
中心點粗糙

奈米切削液  
Ra0.248  
中心點細緻



一般研磨液  
⊥ Ra1.166  
研磨痕明顯

奈米研磨液  
⊥ Ra0.987  
研磨面光滑



# IF-WS<sub>2</sub> 水性搓牙液

## -工廠生產無油霧,尖尾螺絲尾端燒焦痕減少

- 螺絲搓牙生產傳統都使用柴油,但因散熱不佳易造成工廠油霧密布.
- 奈米水性搓牙液可以提高不銹鋼螺絲生產品質, 工廠無油霧.



**Diesel**



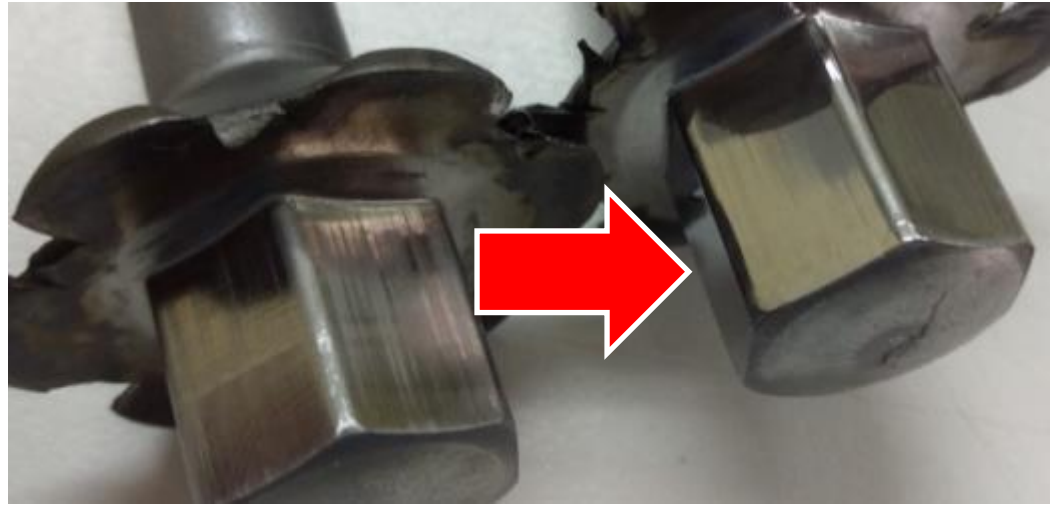
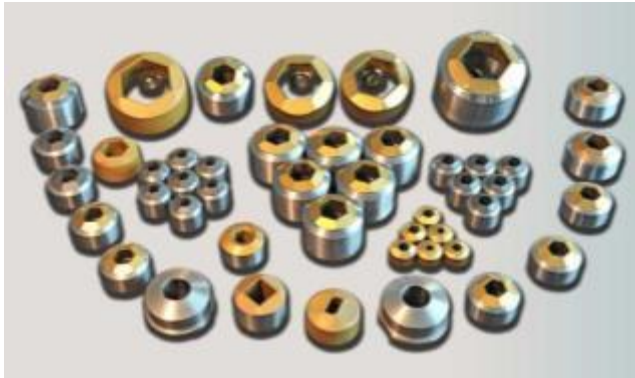
**奈米切削液**



**Diesel 奈米切削液**

# IF-WS<sub>2</sub> 冷鍛成形油-螺絲六角切邊面光亮

## 螺絲六角切邊模



## 螺絲切邊表面達到亮面

- IF-WS<sub>2</sub>成形油
- 3%奈米添加劑
- 模具壽命+150%
- 螺絲切面光亮



## 結論

- 過多的極壓(EP)添加劑會造成摩擦係數升高，並且腐蝕金屬。**IF-WS<sub>2</sub>是世界上唯一同時具有EP / AF / AW特性的潤滑添加劑**，其特性：
  - (1) IF-WS<sub>2</sub>富勒烯足球結構滾動時可以減少摩擦係數
  - (2) IF-WS<sub>2</sub>空心洋蔥結構可以吸收震動抵抗衝擊
  - (3) IF-WS<sub>2</sub>受摩擦產生奈米薄膜可以修復金屬表面裂縫
  - (4) IF-WS<sub>2</sub>是全球唯一可添加在純水單獨當金屬加工液產品
  - (5) IF-WS<sub>2</sub>添加後不會有任何金屬腐蝕風險
- IF-WS<sub>2</sub>已通過歐盟OECD / REACH認證，因為富勒烯化學結構穩定**無毒性**，**容易回收對環境無汙染**。
- IF-WS<sub>2</sub>富勒烯優異的潤滑特性受到全球各界矚目，