

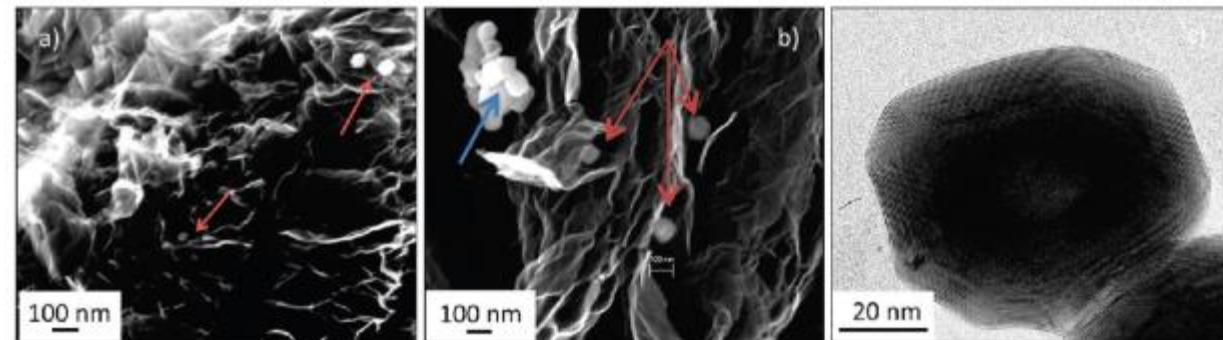
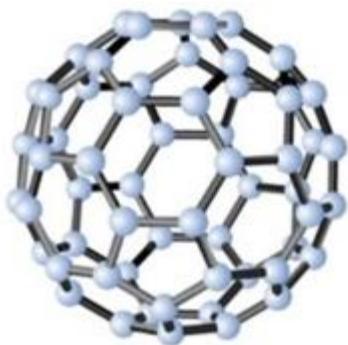
IF-WS₂ (無機二硫化鎢富勒烯)

全球最環保的潤滑添加劑



力精微有限公司
POWER MICRO CO., LTD

IF-WS₂ 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

EXTREME
TEMPERATURE
RESISTANCE

空心洋蔥結構

HIGH
DISPERSBILITY

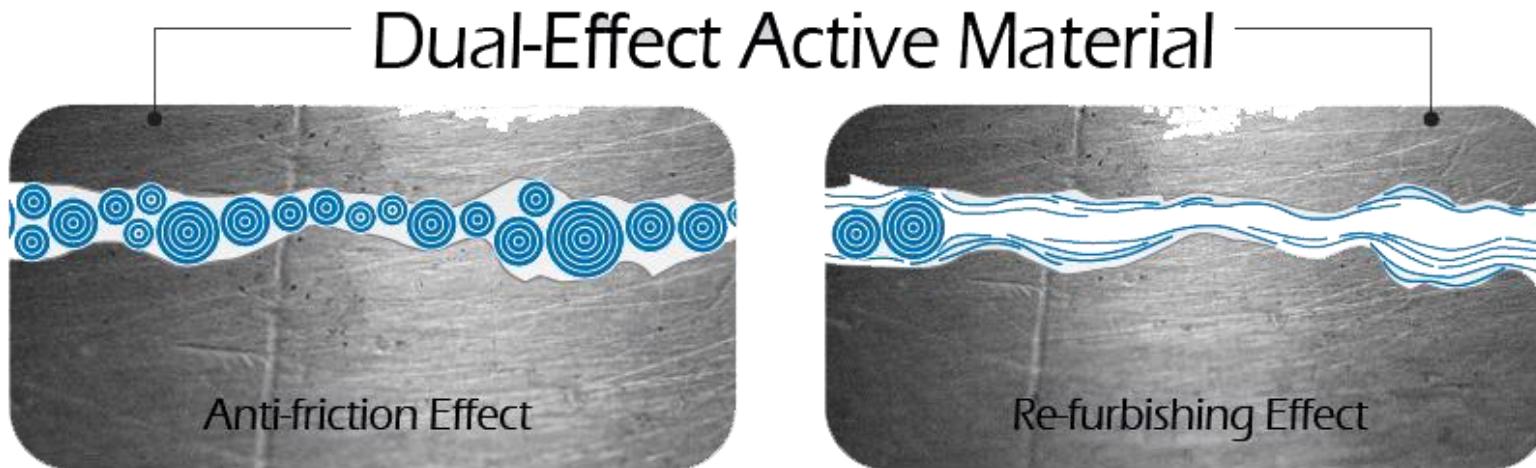
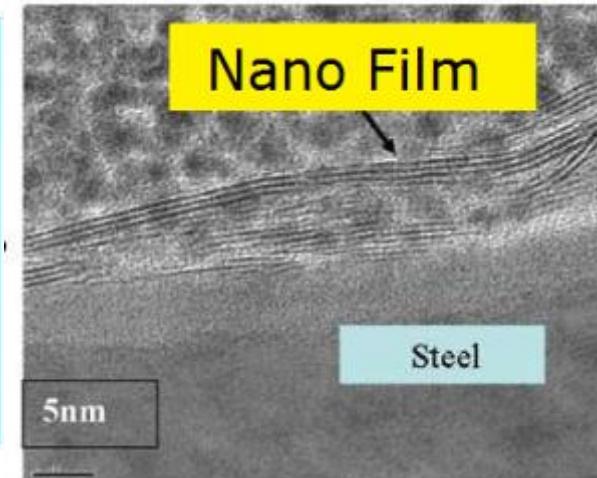
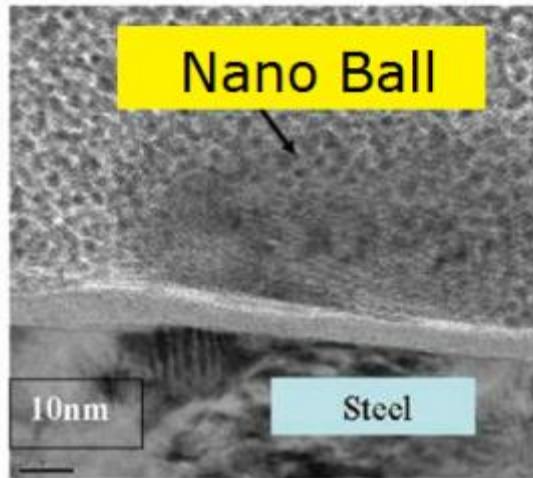
耐嚴苛溫度
大氣下 -150~650度
真空下 -273~1,300度

EXTREME
PRESSURE
RESISTANCE

耐高壓負荷
2.5GPa

IF-WS₂ 具滾動潤滑與自我產生潤滑膜特性

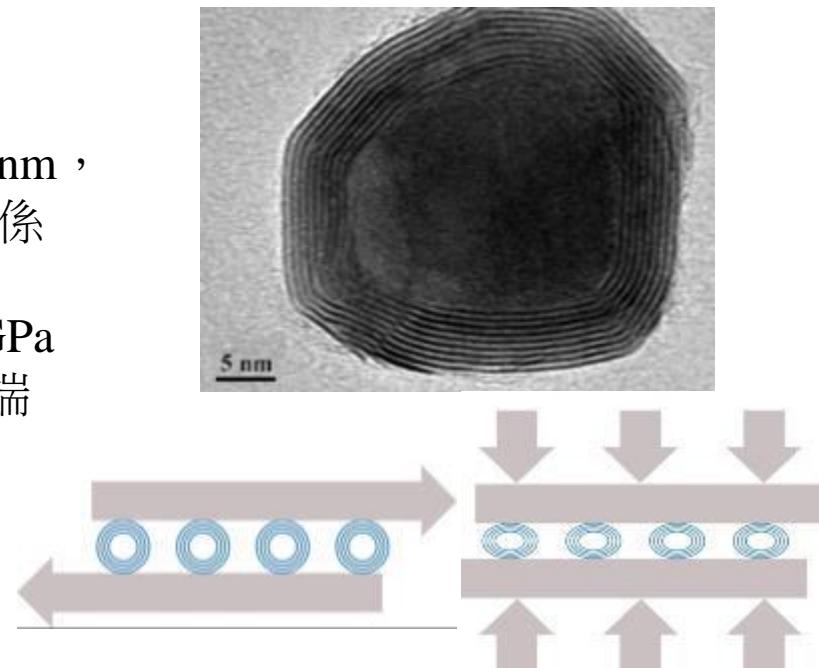
通過歐盟無毒、安全認證標籤



IF-WS₂ as Extreme Pressure Agent

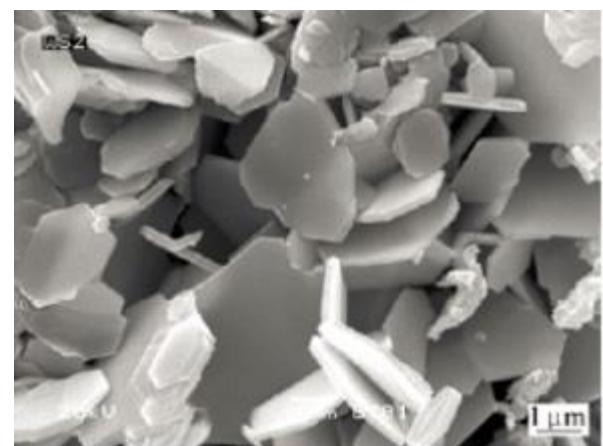
IF-WS₂ 奈米富勒烯極壓潤滑特性:

- **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](#)



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-MoS₂ 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。



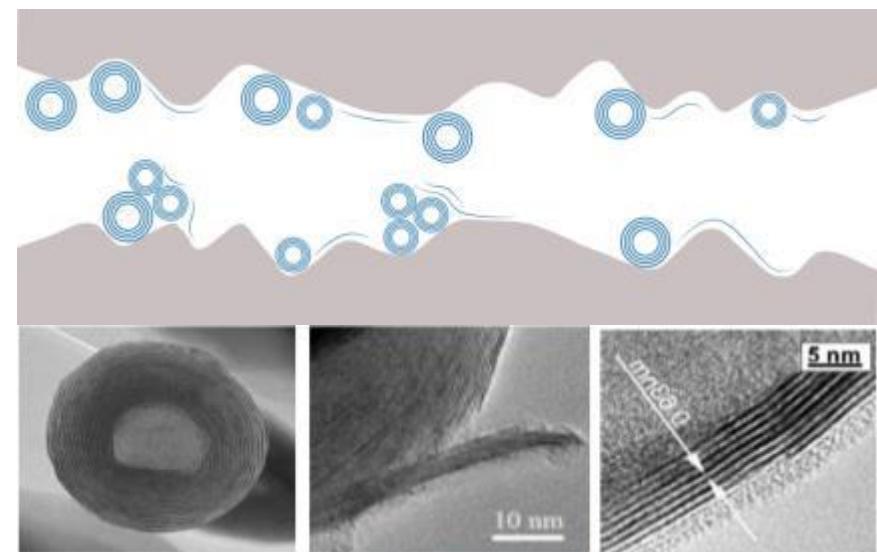
IF-WS₂'s performance as a lubricant

IF-WS₂潤滑保護機制:

- **填補保護機制**：IF-WS₂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-WS₂的洋蔥狀結構，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。

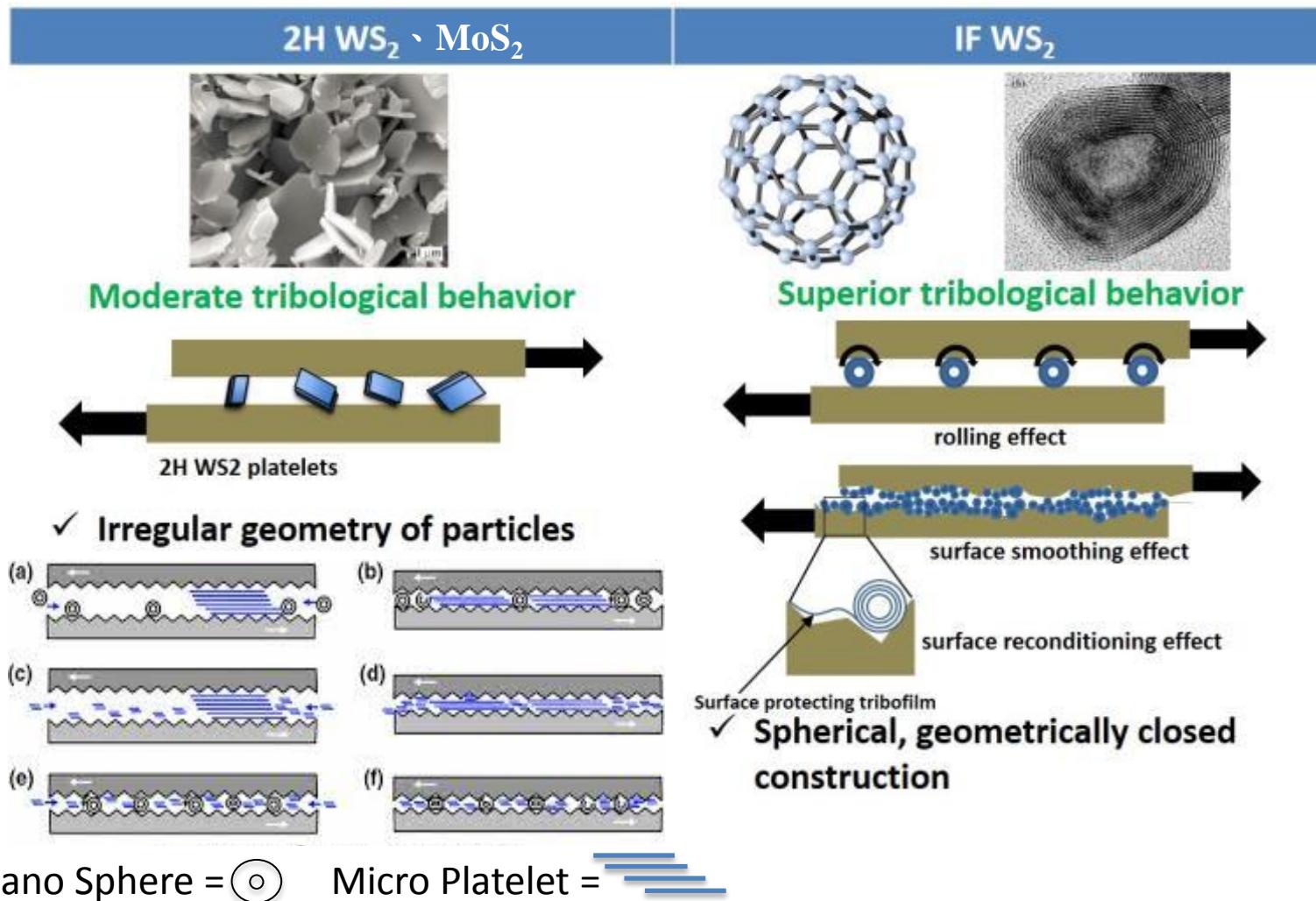


P. U. Aldanaab, F. Dassenoya, B. Vachera, T. Le Mognea, B. Thiebautb and A. Bouffetb, *Tribology Transactions*, 59, 2015



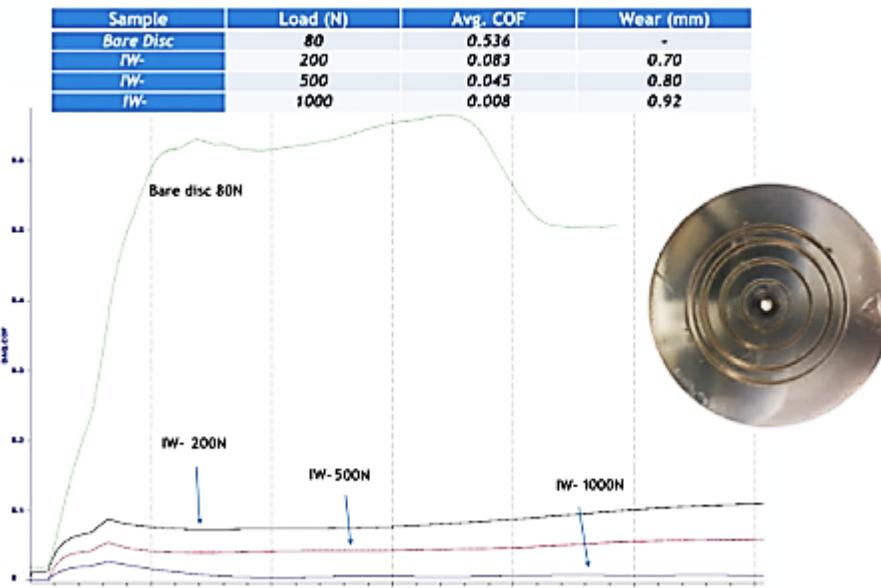
IF-WS₂外層剝離潤滑膜 電子顯微鏡影像

Size and Shape Matters

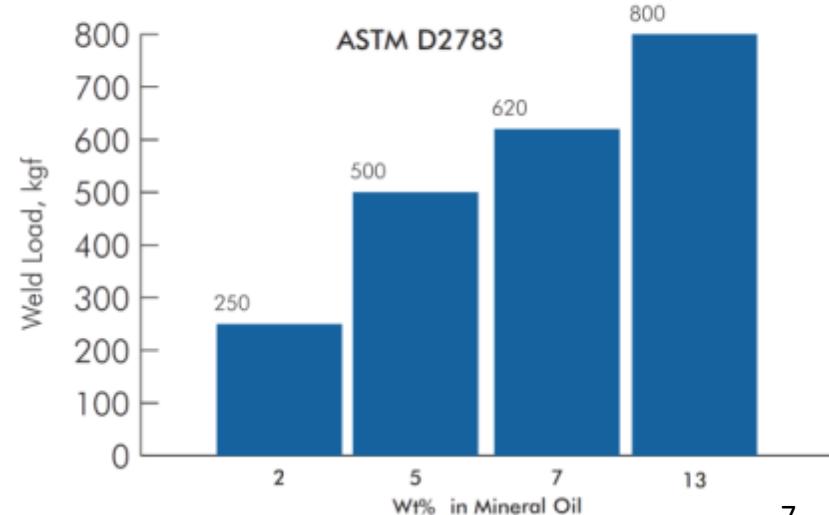


IF-WS₂ 同時兼具EP/AF/AW特性

- 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

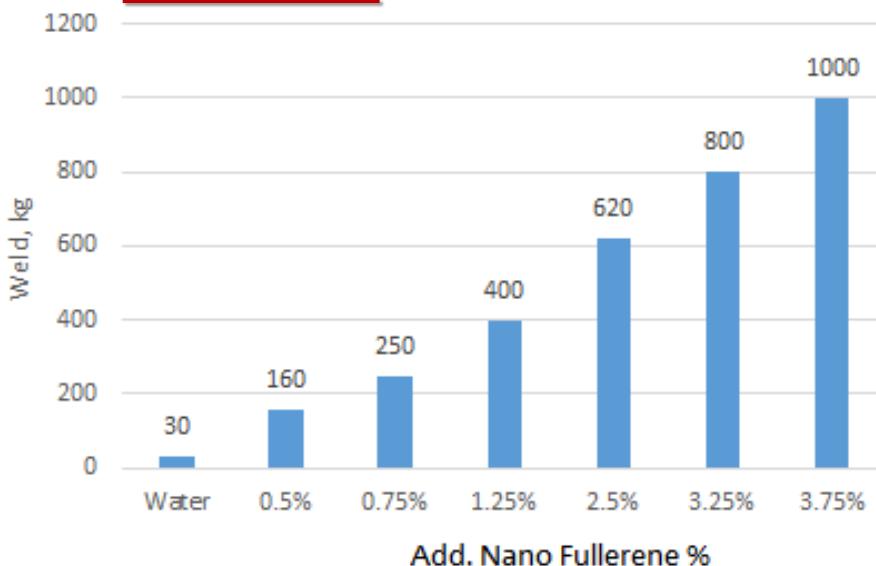


**4-Ball Extreme Pressure Test
(Weld load, kgf)**

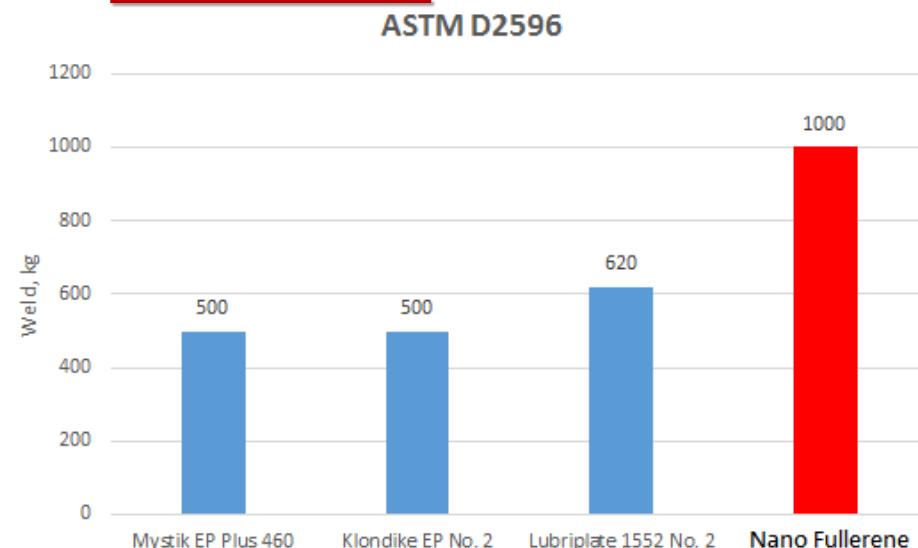


IF-WS₂ 添加後潤滑性能測試

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-WS₂ 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 ₂ | 1a |
| 0.30% IF-WS ₂ | 1a |
| 0.90% IF-WS ₂ | 1b |



IF-WS₂ 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 ₂ | 4a |
| ISO 220 IF-WS ₂ | 1a-1b |



Sulfur Attack

IF-WS₂ 添加熱傳性能增加20%

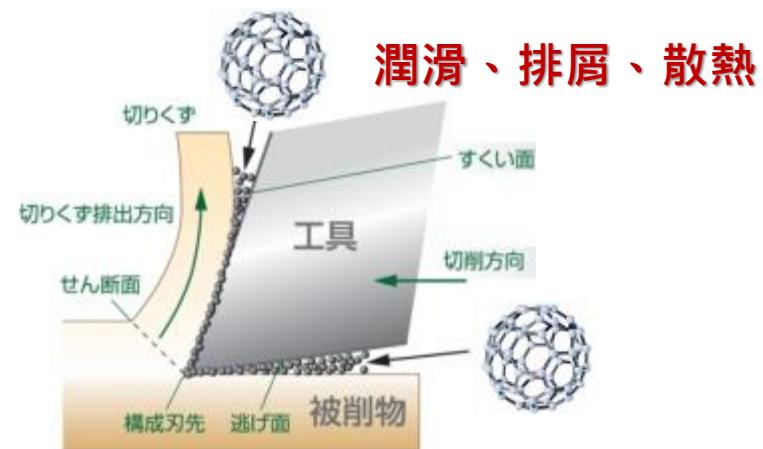
| Samples | Average Thermal Conductivity (W m ⁻¹ K ⁻¹) | Standard deviation |
|--------------------------|---|--------------------|
| Distilled water | 0.610 | 0.010 |
| ~0.5% IF-WS ₂ | 0.727 | 0.030 |

IF-WS₂ 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-WS₂ 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- 不鏽鋼
- 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-WS₂ 水性切削&研磨液

-金屬銑削/研磨測試

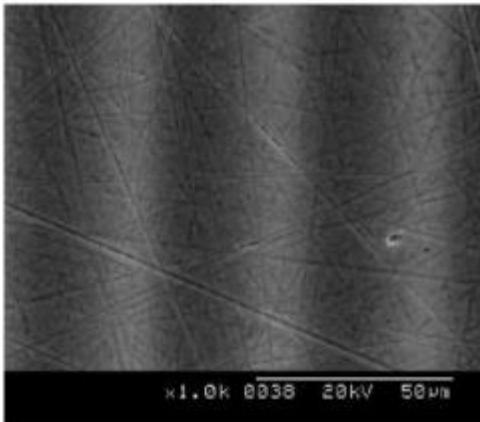
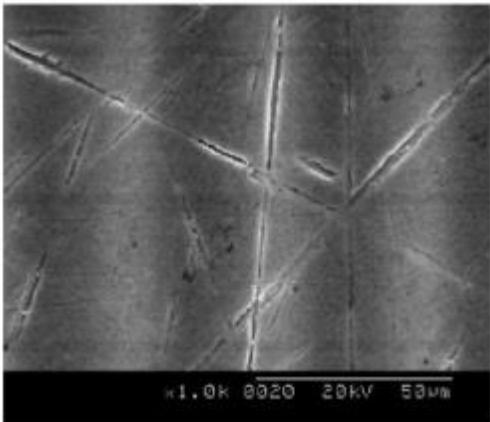


無添加劑
加工痕明顯



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-WS₂ 水性切削液-加工刀痕變化

| | 平面銑削 | | 鑽孔攻牙 | |
|-------------------|--|---|--|--|
| 材質 | 無添加 | 有添加 | 無添加 | 有添加 |
| 不鏽鋼 (SUS 440C) |  |  |  |  |
| 碳鋼 (S50C) |  |  |  |  |

Ra0.731

Ra0.330

Ra1.241

Ra0.144

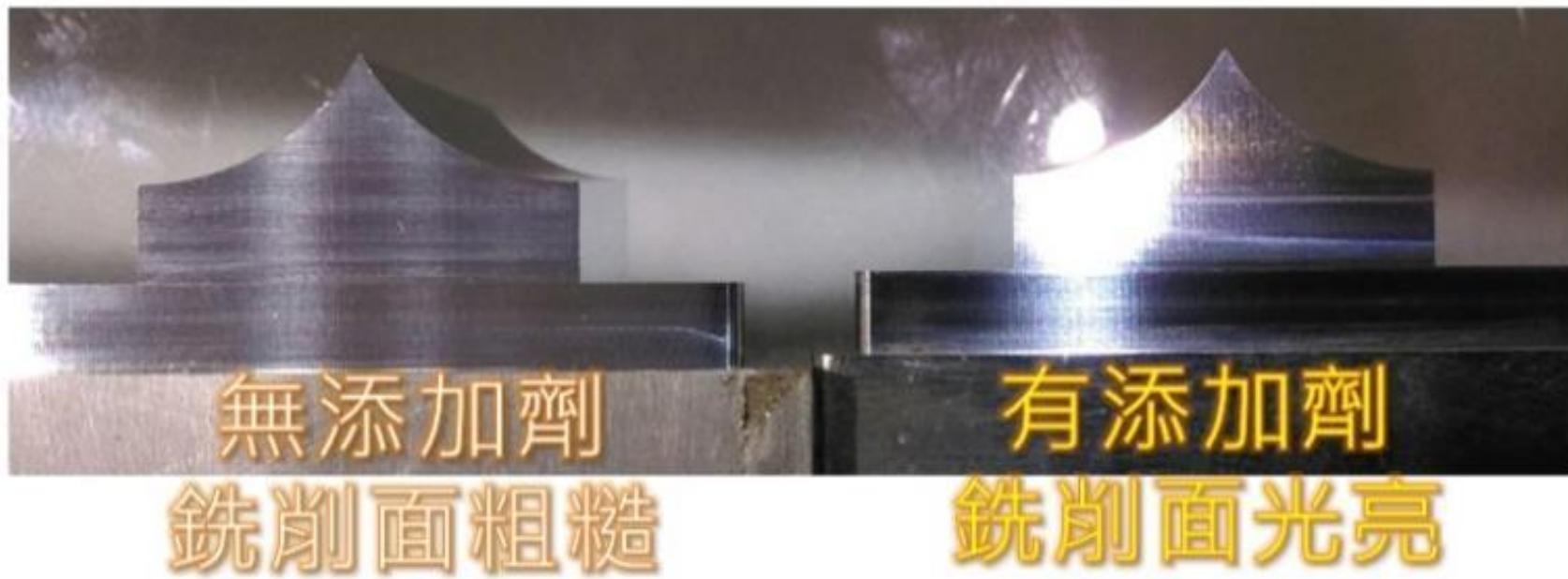
IF-WS₂ 水性切削液-加工刀痕變化

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

IF-WS₂ 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-WS₂ 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 / 不锈鋼切削加工.



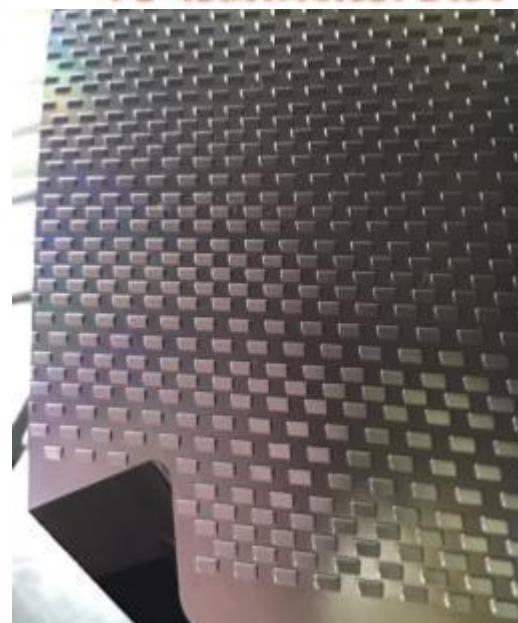
IF-WS₂ 水性切削液-改善銑削粗糙度

- 車燈高硬度模具(HRC60)
銑削雕刻,透過IF-WS₂ 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 .



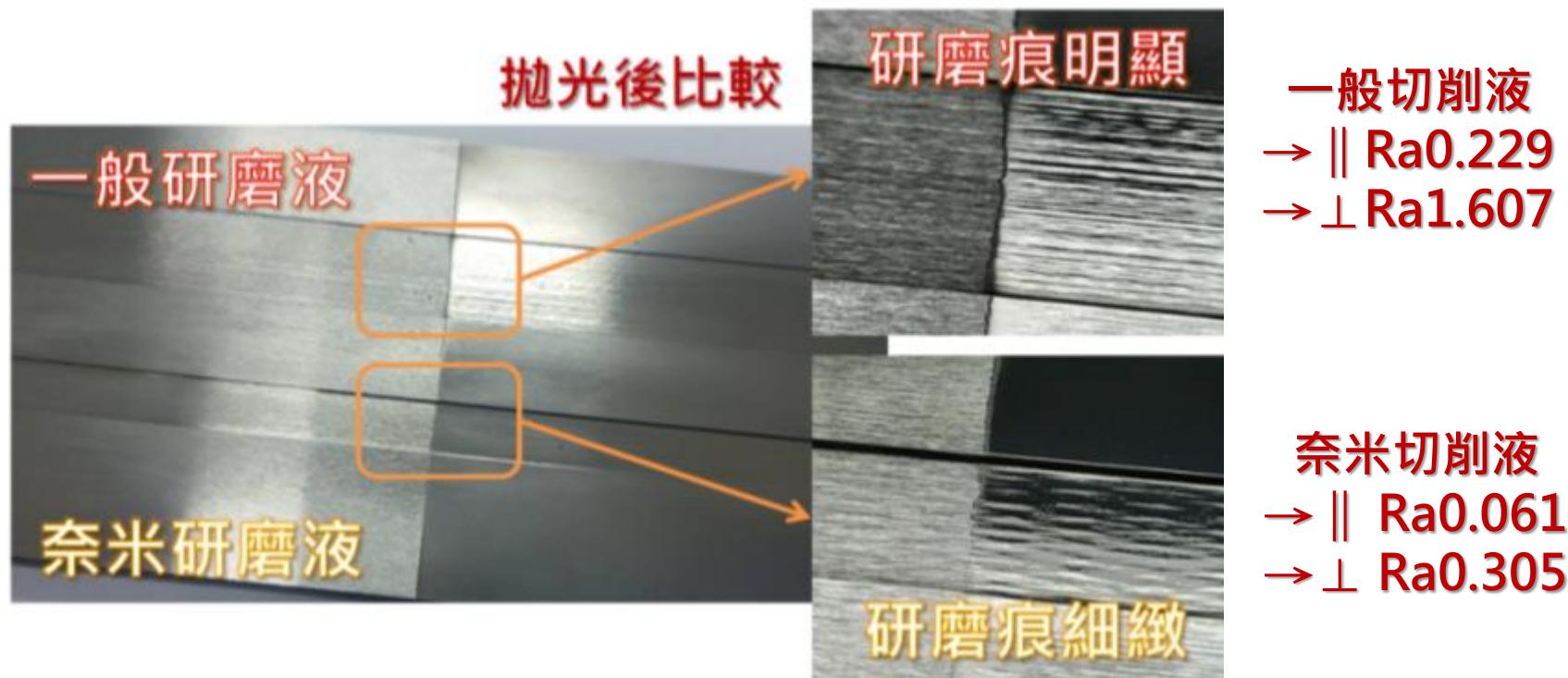
一般水性切削液
有明顯銑削刀痕

奈米切削液
銑削刀痕細緻



IF-WS₂ 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-WS₂ 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).

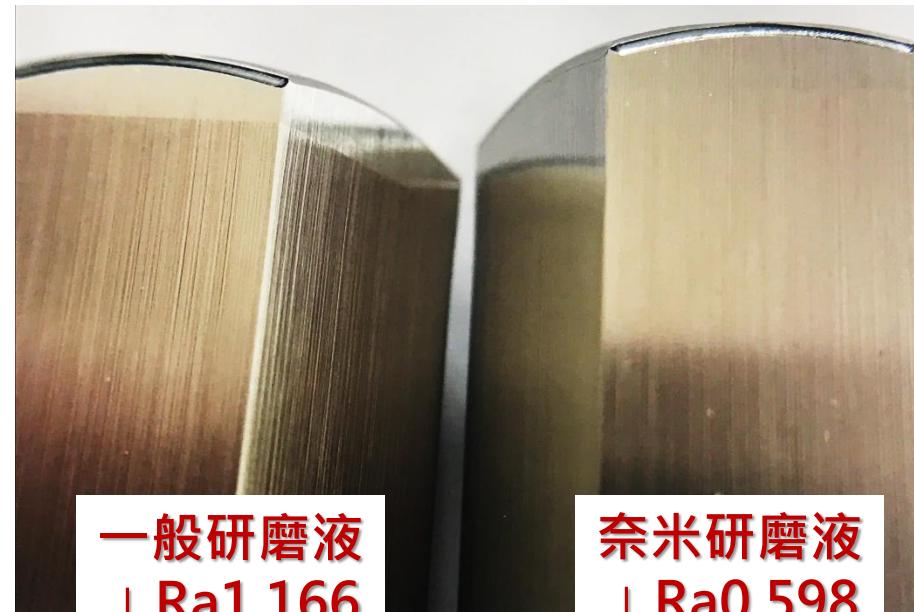


IF-WS₂ 水性研磨液-改善研磨粗糙度

- 高速鋼SKH59/M42(HRc65) 研磨震動導致研磨痕明顯. IF-WS₂ 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-WS₂ 水性切削液-改善車削粗糙度

- 高速鋼SKH9/M2(HRc20)CNC車削, 透過IF-WS₂ 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).



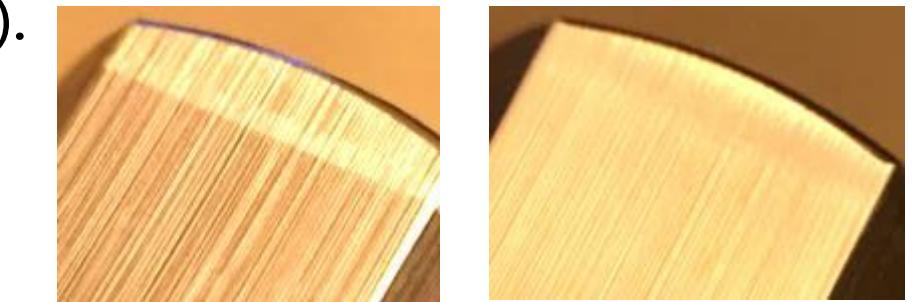
一般切削液
Ra0.302
中心點粗糙



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-WS₂ 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-WS₂ 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-WS₂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-WS₂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-WS₂富勒烯足球結構滾動時可以減少摩擦係數
 - (2) IF-WS₂空心洋蔥結構可以吸收震動抵抗衝擊
 - (3) IF-WS₂受摩擦產生奈米薄膜可以修復金屬表面裂縫
 - (4) IF-WS₂是全球唯一可添加在純水單獨當金屬加工液產品
 - (5) IF-WS₂添加後不會有任何金屬腐蝕風險
- IF-WS₂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-WS₂富勒烯優異的潤滑特性受到全球各界矚目，