

離子氮化表面硬化處理重型機械 及卡車柴油引擎用球墨鑄鐵活塞 之磨耗行為研究

專 題 生:李泰達 張寰宇 黃煜文 郭亮均

指 導 教 授:林宏茂 副教授

報 告 日 期:110年8月27日

目錄

1. FCD600的鑄鐵性質
2. 固溶強化用意及用途
3. 添加釩的用意及用途
4. ADI(沃斯回火製程)
5. 進度
 - 5-1 金相
 - 5-2 硬度
 - 5-3 磨耗
6. Future work

FCD600的鑄鐵性質

- ▶ 用意:本實驗用於卡車用活塞，卡車用活塞需要600MPa的抗壓強度所以使用抗壓强度高且耐衝擊性及耐內應力性均佳的球墨鑄鐵。
- ▶ 用途:FCD600一般用於鑄造機械零件，產業機械及汽機車用汽缸，塑膠機械、風力發電機零件等。

固溶強化

- ▶ 通過局部有序強化提供更有效的強化效果。這樣提高了合金的熱穩定性結構，而動態由於形成更高的密度，沉澱開始有助於抗蠕變性的沉澱物。
- ▶ 固溶強化主要貢獻在這些合金的硬度。改變強度和硬度並對影響評估摩擦載荷期間的響應以及微觀結構演變。

▶ 合金元素可分為三種類別：

(a) 僅進入鐵素體相的元素

(b) 形成穩定碳化物並進入鐵素體相的元素

(c) 僅進入碳化物相的元素。

第一類元素有鎳、銅、磷和矽，在可變形鋼中，通常以固溶體形式存在於鐵素體相，它們在滲碳體或合金碳化物中的溶解度非常低。

鋼中使用的大多數合金元素屬於第二類，因為它們是碳化物形成物，因此，在低濃度下，固溶在滲碳體中，但也會在鐵素體中形成固溶體。

鋼中常見的合金碳化物和氮化物相對於滲碳體的合金碳化物和氮化物在第三類中，有一些元素主要進入碳化物相。

- ▶ 目的:主要是改善鋼或合金的塑性和韌性。由固溶可得到固溶體，使合金中各種相充分溶解，強化固溶體，並提高韌性及抗蝕性能，消除應力與軟化，以便繼續加工或成型。

- ▶ 固溶強化的程度主要取決於兩個因素：
 1. 原始原子和添加原子之間的尺寸差別。
 2. 合金元素的量。

► 用途：

多種特殊鋼、高溫合金、特殊性能合金、有色金屬。

尤其適用：

1. 熱處理後須要再加工的零件。
2. 消除成形工序間的冷作硬化。
3. 焊接後工件。

► 效果:

1. 抗蠕變，在高溫下的強度損失，通過固溶強化可以得到改善。
2. 特定比例的附加元素的參與可以帶來合金所需的性能，例如增強的強度。
3. 微觀上，由於溶質和溶劑原子相互作用產生的彈性能，局部增加對位錯運動的阻礙作用提供了增強作用。

► 性質影響:

1. 屈服強度、拉伸強度和硬度都要強於純金屬。
2. 絕大部分情況下，延展性低於純金屬。
3. 導電性比純金屬低很多。
4. 利用固溶強化可以改善變形的抵抗力，或高溫下的強度損失。

► 影響因素：

1. 溶質原子的原子分數越高，強化作用也越大，特別是當原子分數很低時，強化作用更為顯著。
2. 溶質原子與基體金屬的原子尺寸相差越大，強化作用也越大。
3. 間隙型溶質原子比置換原子具有較大的固溶強化效果，且由於間隙原子在體心立方晶體中的點陣畸變屬非對稱性的，故其強化作用大於面心立方晶體。

影響因素：

4. 溶質原子與基體金屬的價電子數目相差越大，固溶強化效果越明顯，即固溶體的屈服強度隨著價電子濃度的增加而提高。

5. 加熱溫度、保溫時間和冷卻速度是固溶處理應當控制的幾個主要參數。但溫度不能過高，否則將導致低熔點共晶和晶界相熔化，即產生過燒現象，引起淬火開裂並降低韌性。

添加鈮的用意及用途

- ▶ 鈮主要用於工業，作為鋼或鈦合金的添加劑以增加強度，硬度和高溫穩定性。
- ▶ 加鈮的用途：鈮微合金化肥粒鐵-波來鐵鋼材已成為各種標準高性能鍛造元件。例如汽車曲軸。

► 加釩的優點與影響：

這種急劇增加是由於相間析出現象，冷卻時從沃斯田鐵形成肥粒鐵，這種現象自然發生。

釩微合金化車橋鋼強化的主要途徑包括晶粒細化和析出強化。晶粒細化是主要的方法，因為它不僅可以**提高強度**，而且還可以**提高韌性**。波來體肥粒體中的析出相起到析出強化的作用。同時雪明碳鐵片層的出現也**提高了試驗鋼的韌性**。

影響：釩的添加提供了從肥粒體中的 $V(C,N)$ 和波來體的肥粒體片晶的相間析出獲得的析出強化，從而提高了**屈服強度**和**抗拉強度**。

► 鈇的運用：

鈇拿來製作彈簧能製造及各種引擎。還能用於製造船舶、飛機、低溫器械、切割工具等的重要零件。

美國生產的鈇有80%用做煉鋼的添加劑，作用是**增強鋼的耐磨性、抗壓性及高溫性**。

▶ 常應用的工作母機：

PM compaction die for iron powders(鐵粉粉末冶金壓實模具)

Screw tips used in extruding reinforced plastic resins(用於擠出增強塑料樹脂的螺桿尖端)

Punching hot rolled steel strip(沖壓熱軋鋼帶)

Metal stamping of hardened spring steel(淬硬彈簧鋼的金屬沖壓)

ADI(沃斯回火製程)

▶ 用意:它主要是讓我們的麻田散鐵變成變韌鐵，直到過冷沃斯回鐵完全變態為變韌鐵，而變成變韌鐵的用意是為了讓它得到具有韌性且高硬度的組織才會做沃斯回火。

▶ 優缺點

優點:最大的特色是可得高強度、高韌性兼具的材質，還有不易破裂、不易變形、不需回火、作業簡單、適合大量生產等。

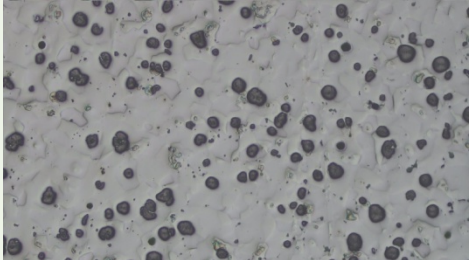
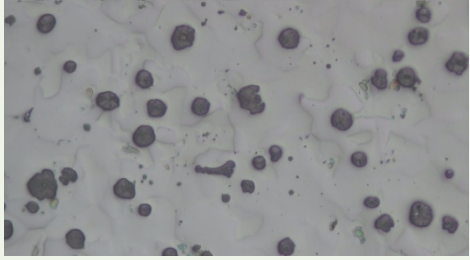
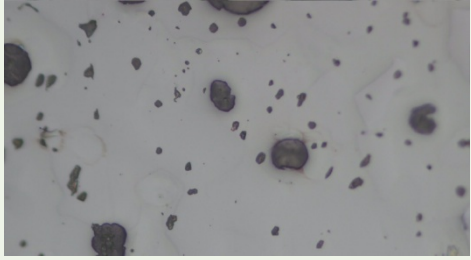
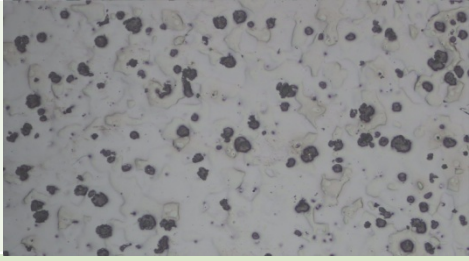
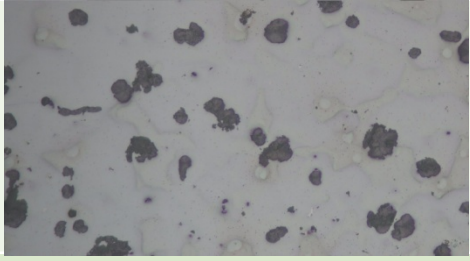
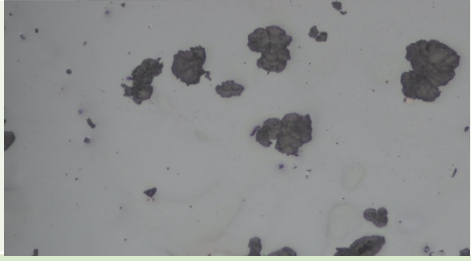
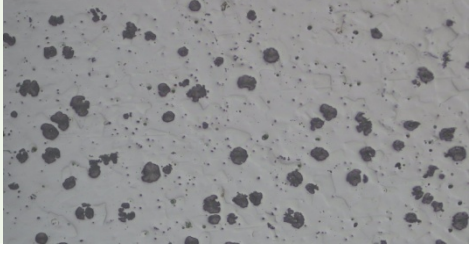
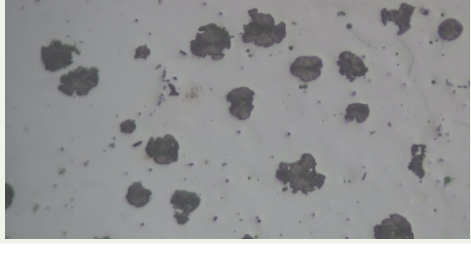
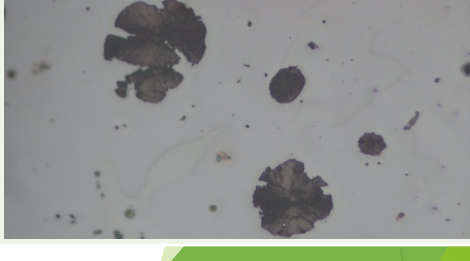
缺點:有牙孔時殘鹽洗淨不易、生產效率較傳統淬回火慢、生產成本較高。

- ▶ 用途:盤型彈簧、彈簧華司、彈簧片、中碳鋼螺絲、火藥槍鋼釘、瓦斯槍鋼釘、波形墊片、各式扣環類、止動環、彈片類、管夾、皿形墊片、平墊片類、內外齒墊片類、彈簧銷、培林蓋、汽車零件類。

► 性質提升:

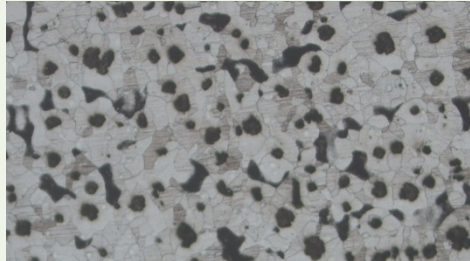
1. 材料經熱處理後，硬度均會增加，ADI 的衝擊韌性值也明顯提高，主要原因為基體改變及殘留沃斯田鐵的存在。
2. 同時經過三種不同熱處理條件之 ADI，有抵抗沖蝕的能力提高。
3. 由於石墨的抵抗沖蝕磨耗性較差，於是在石墨處產生了剝離、塌陷等不良的凹穴情形，而基體組織硬度的提升，有提升石墨組織抵抗沖蝕磨耗能力，減小石墨組織脫落、塌陷的情況。

進度(一): 金相(未ADI)

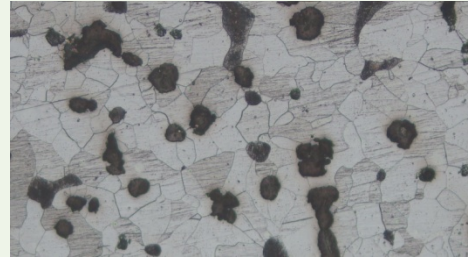
金相(未腐蝕)		
1% X50	1% X100	1% X200
		
2% X50	2% X100	2% X200
		
3% X50	3% X100	3% X200
		

金相(腐蝕後)

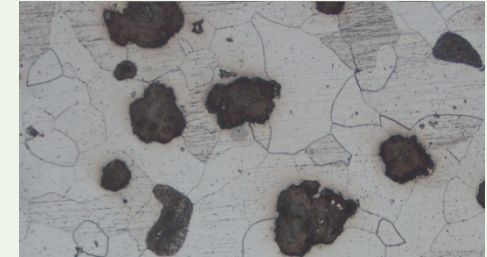
1% X50



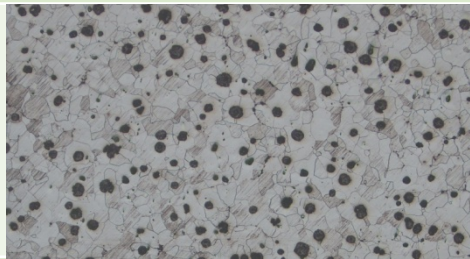
1% X100



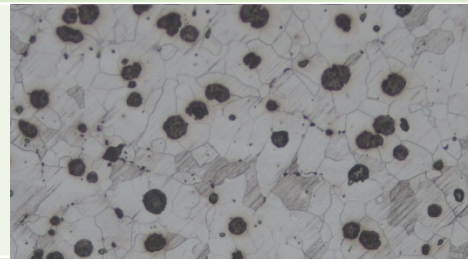
1% X200



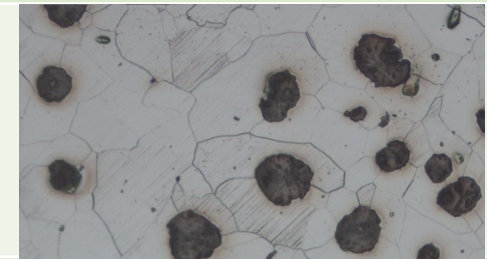
2% X50



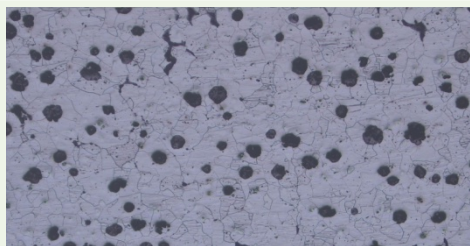
2% X100



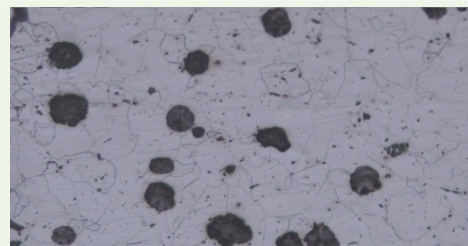
2% X200



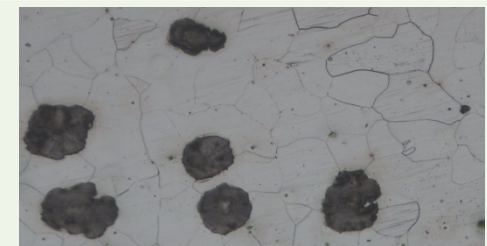
3% X50



3% X100



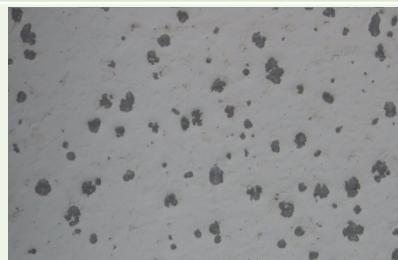
3% X200



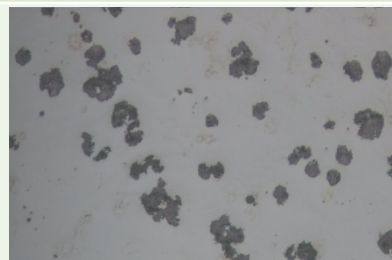
金相(ADI)

金相(未腐蝕)

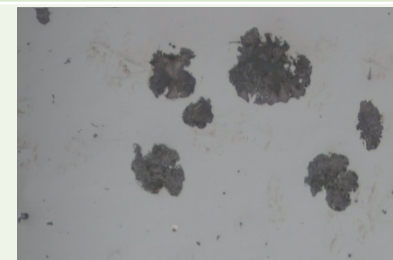
1% X50



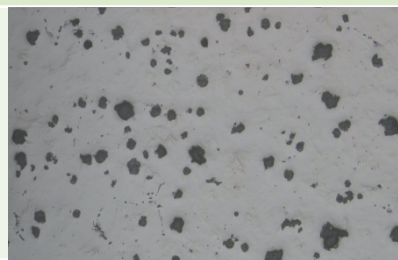
1% X100



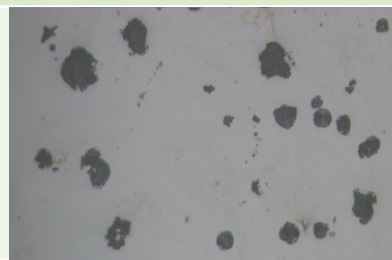
1% X200



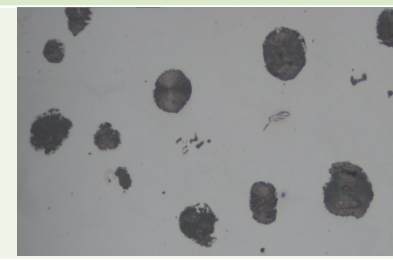
2% X50



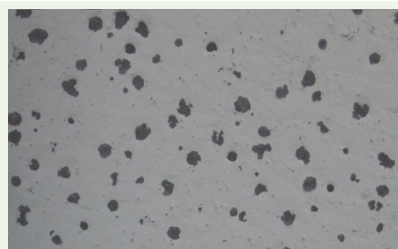
2% X100



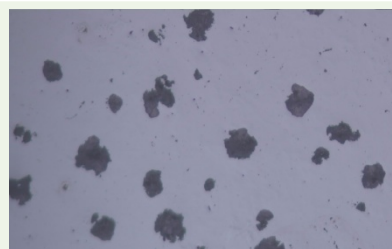
2% X200



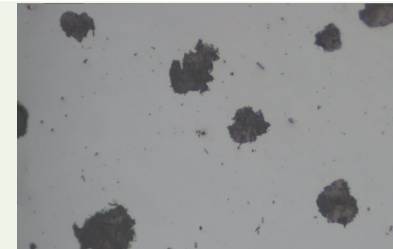
3% X50



3% X100

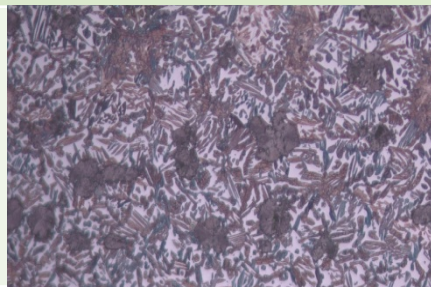


3% X200

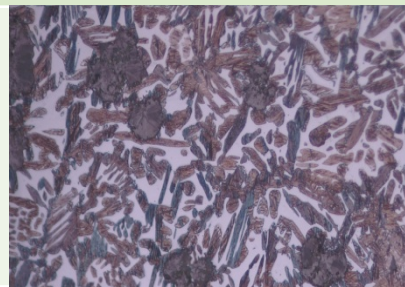


金相(腐蝕後)

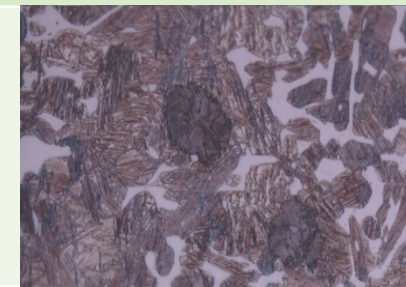
1% X100



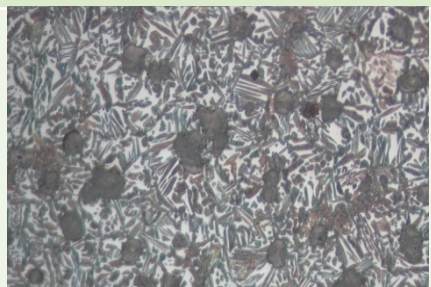
1% X200



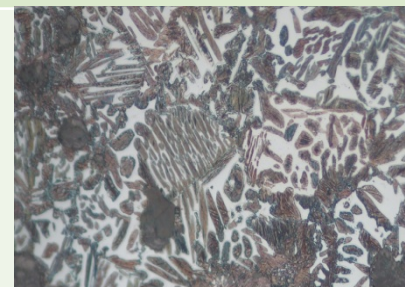
1% X500



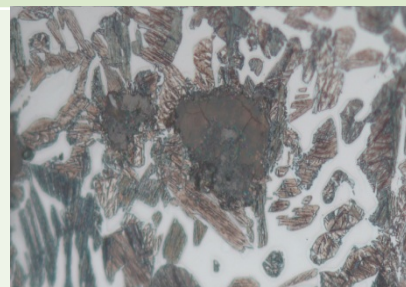
2% X100



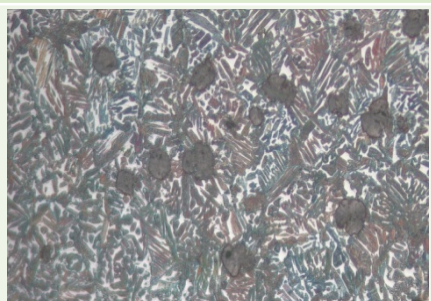
2% X200



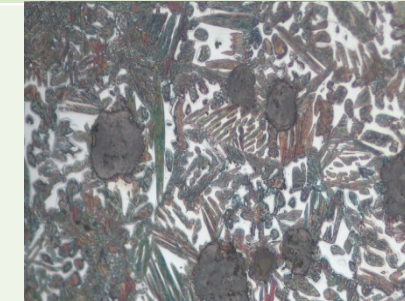
2% X500



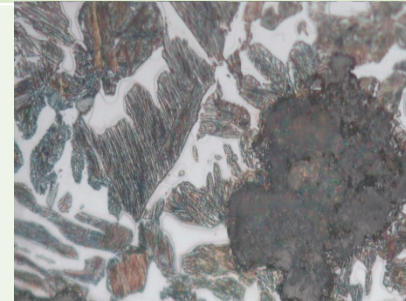
3% X100



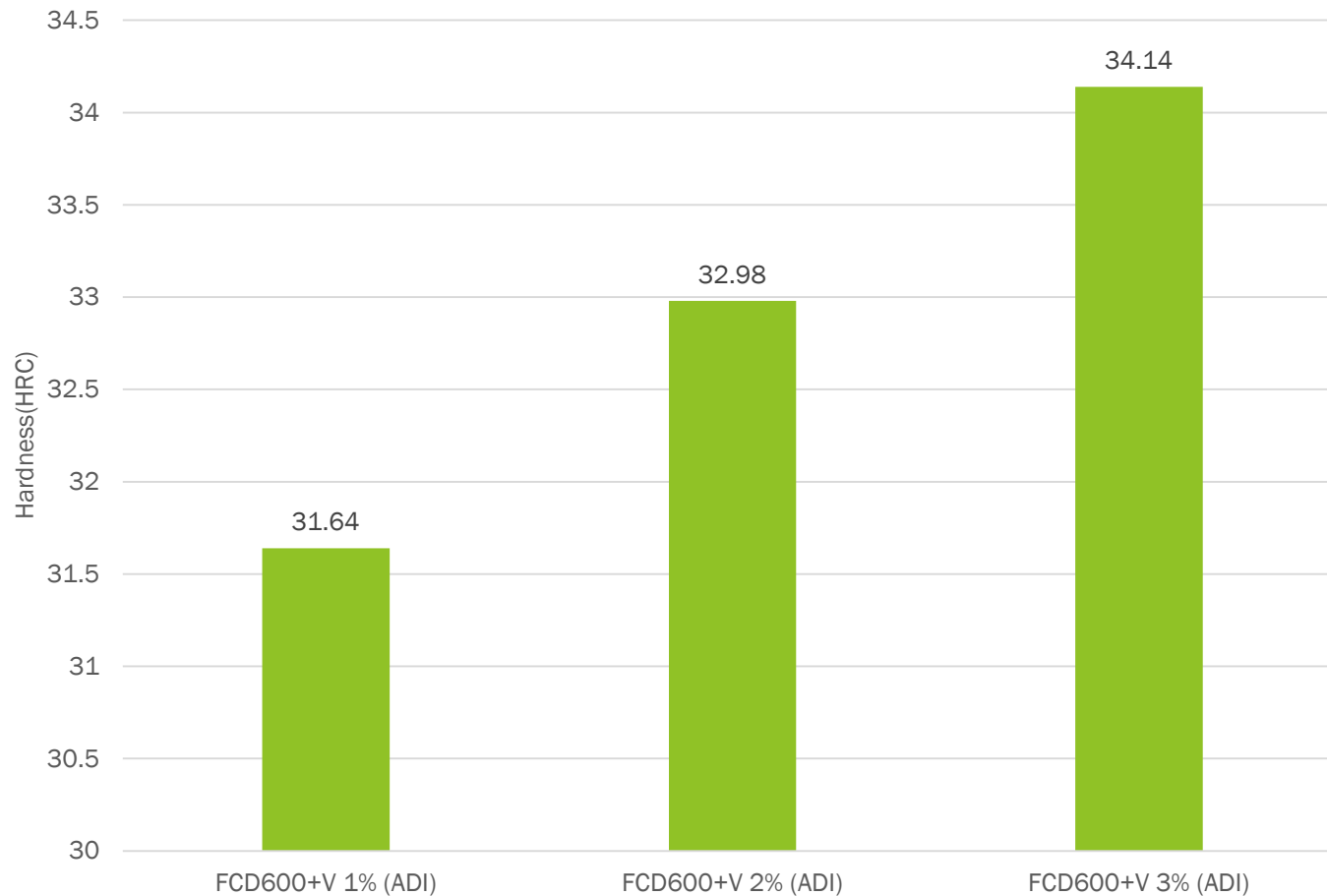
3% X200



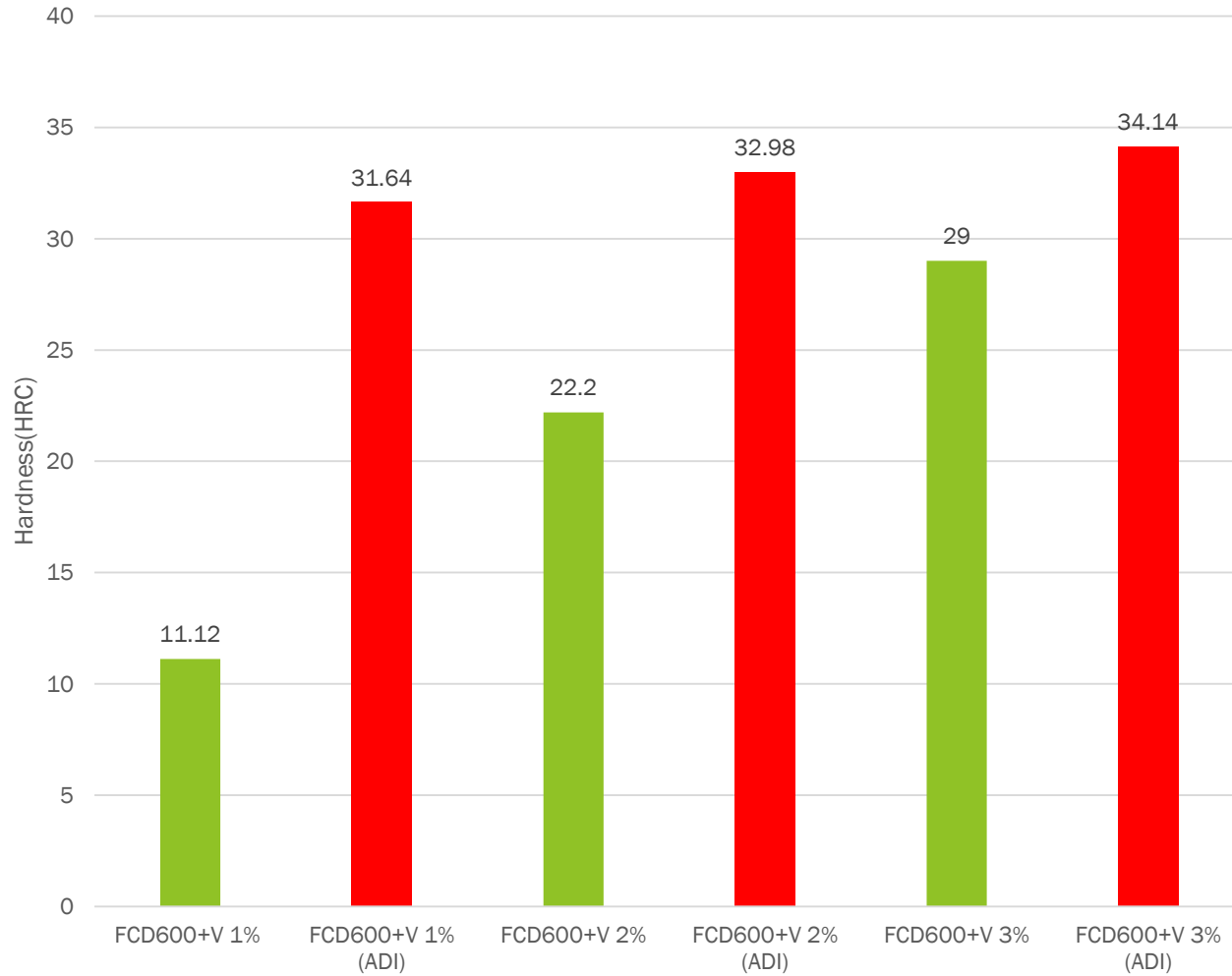
3% X500



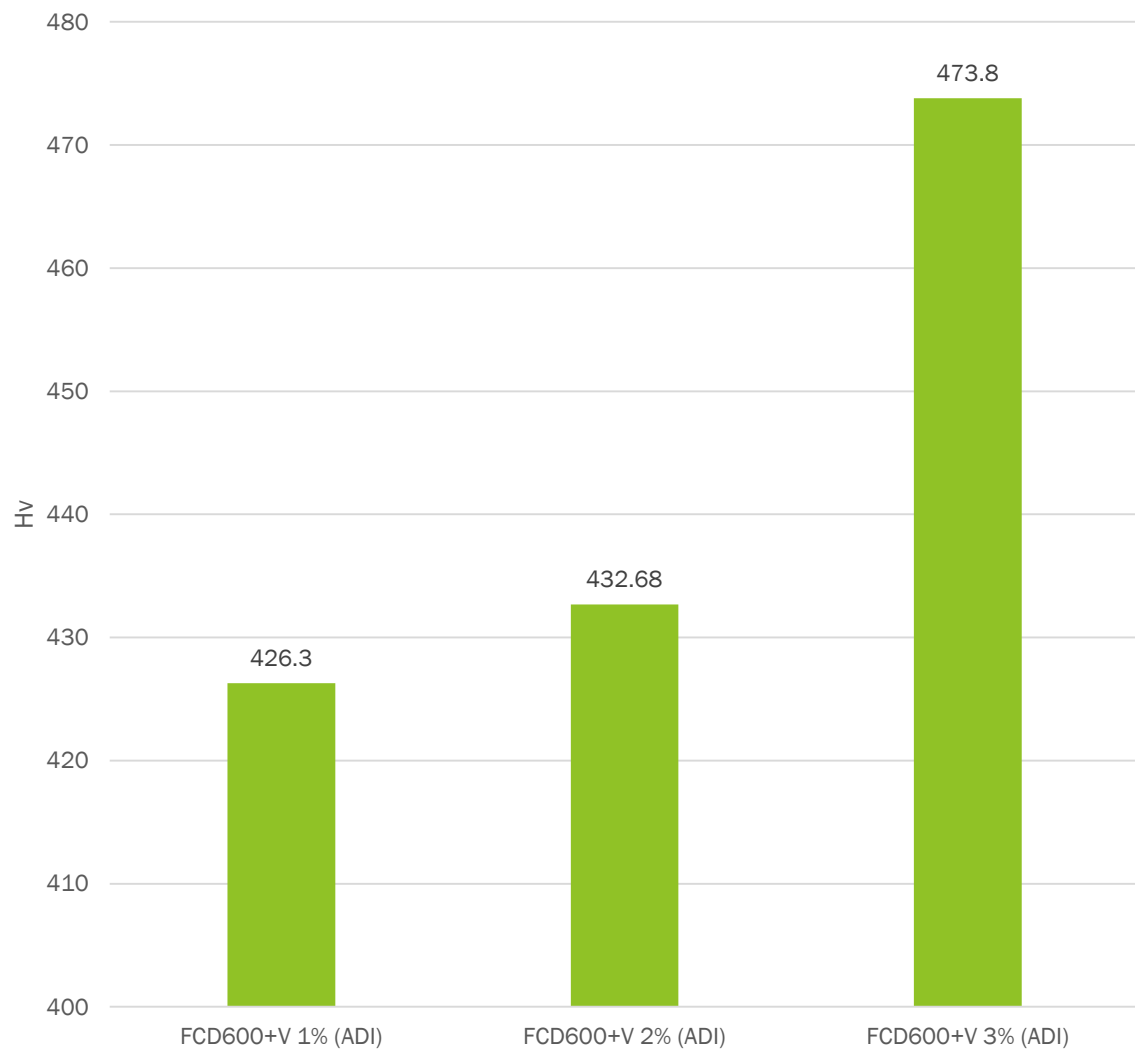
進度二. 硬度



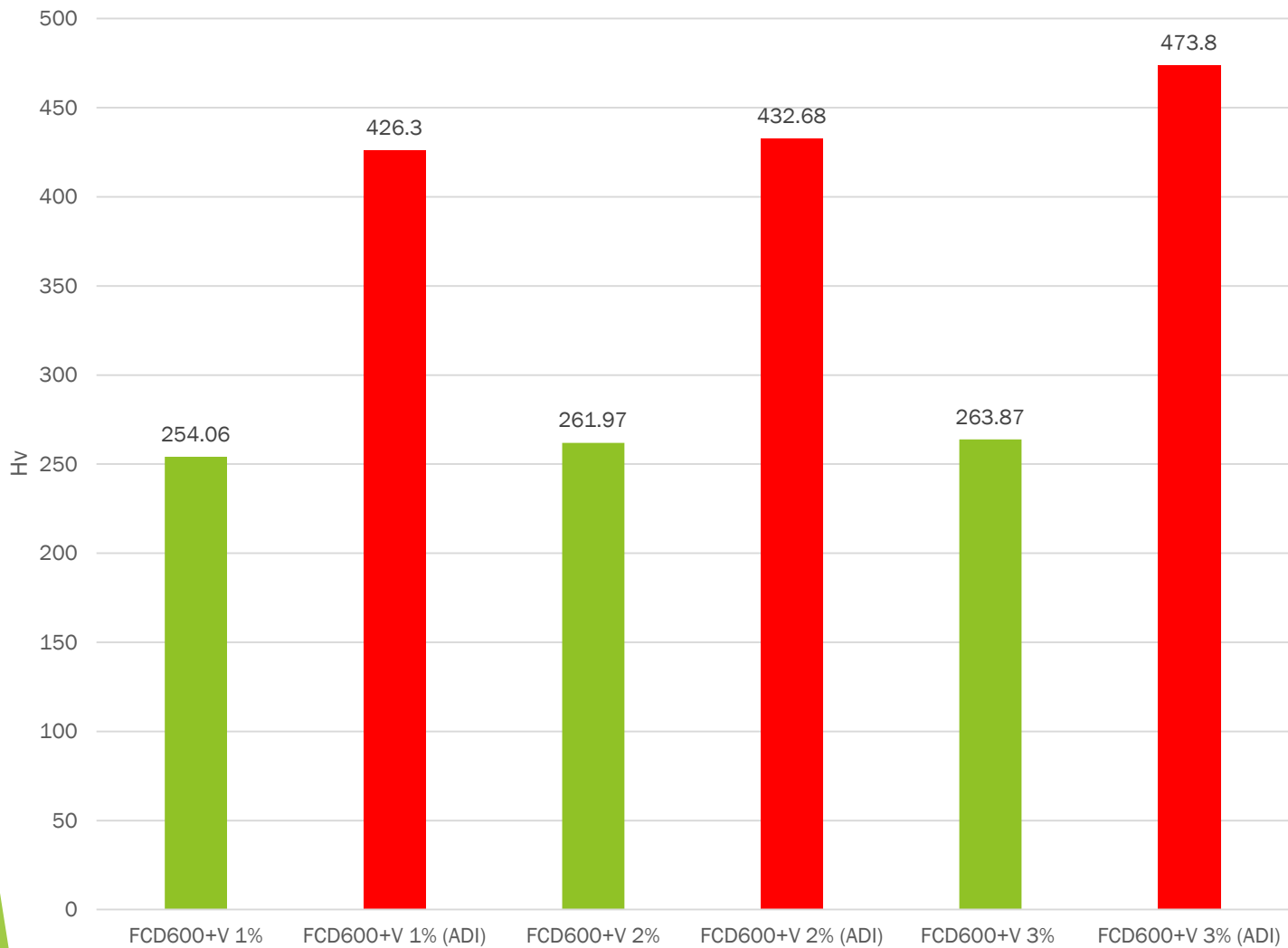
經由此數據得知
FCD600+3%V(ADI)的HRC硬度測試結果較硬而FCD600+1%V(ADI)較軟，硬度比較為
3%V>2%V>1%V



經由此數據得知FCD600+3%V的HRC硬度測試結果較硬而FCD600+1%V較軟，硬度比較為**3%V>2%V>1%V**



經由此數據得知FCD600+3%V的
HRC硬度測試結果較硬而
FCD600+1%V較軟，硬度比較為
3%V>2%V>1%V



經由此數據得知FCD600+3%V的HRC硬度測試結果較硬而FCD600+1%V較軟，硬度比較為**3%V>2%V>1%V**

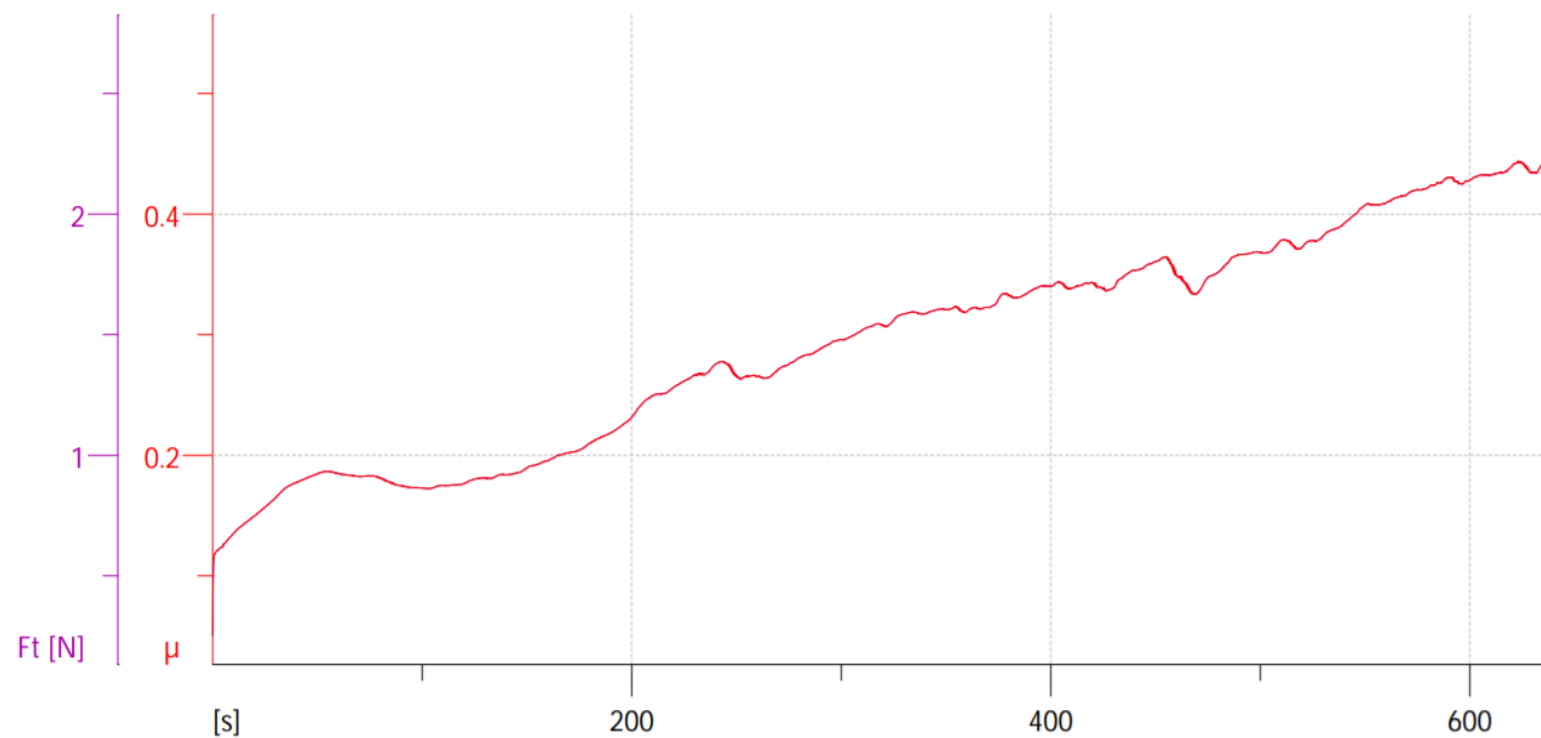
進度三. 磨耗

FCD600添加鈮之循環式磨耗參數：

參數	條件
荷重	5 N、6 N、7 N
滑動速度	10.4 cm/s
轉速	300 rpm
行走直徑	5 mm
滑度距離	100 m
對耗材	Al ₂ O ₃

FCD600添加鈇之磨耗曲線 1% 荷重5N

Start : 0.051 min : 0.051 max : 0.447 mean : 0.292 std. dev. : 0.089



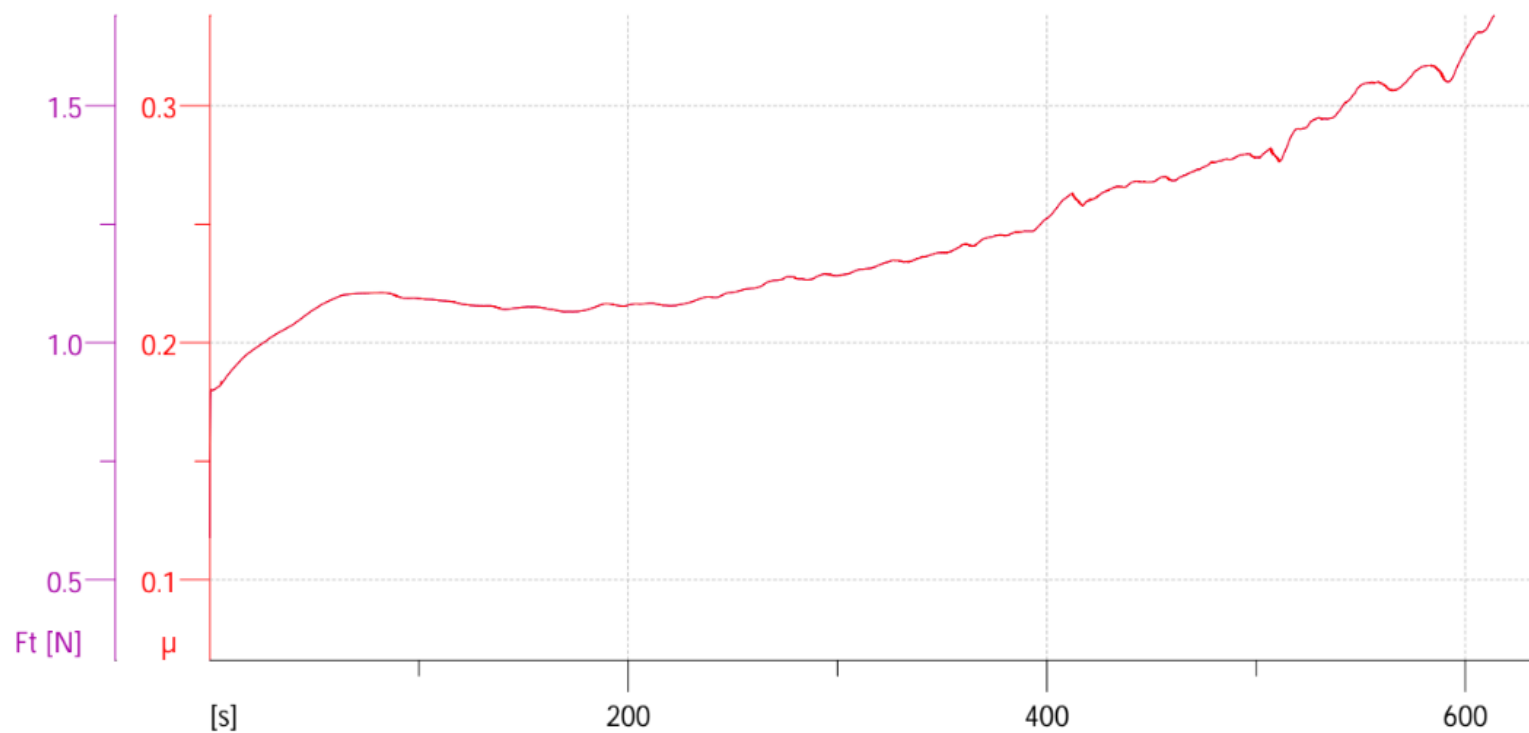
Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.447
磨耗損失率	1.03×10^{-5}

FCD600添加鈇之磨耗曲線 2% 荷重5N

Start : 0.118 min : 0.118 max : 0.347 mean : 0.248 std. dev. : 0.040



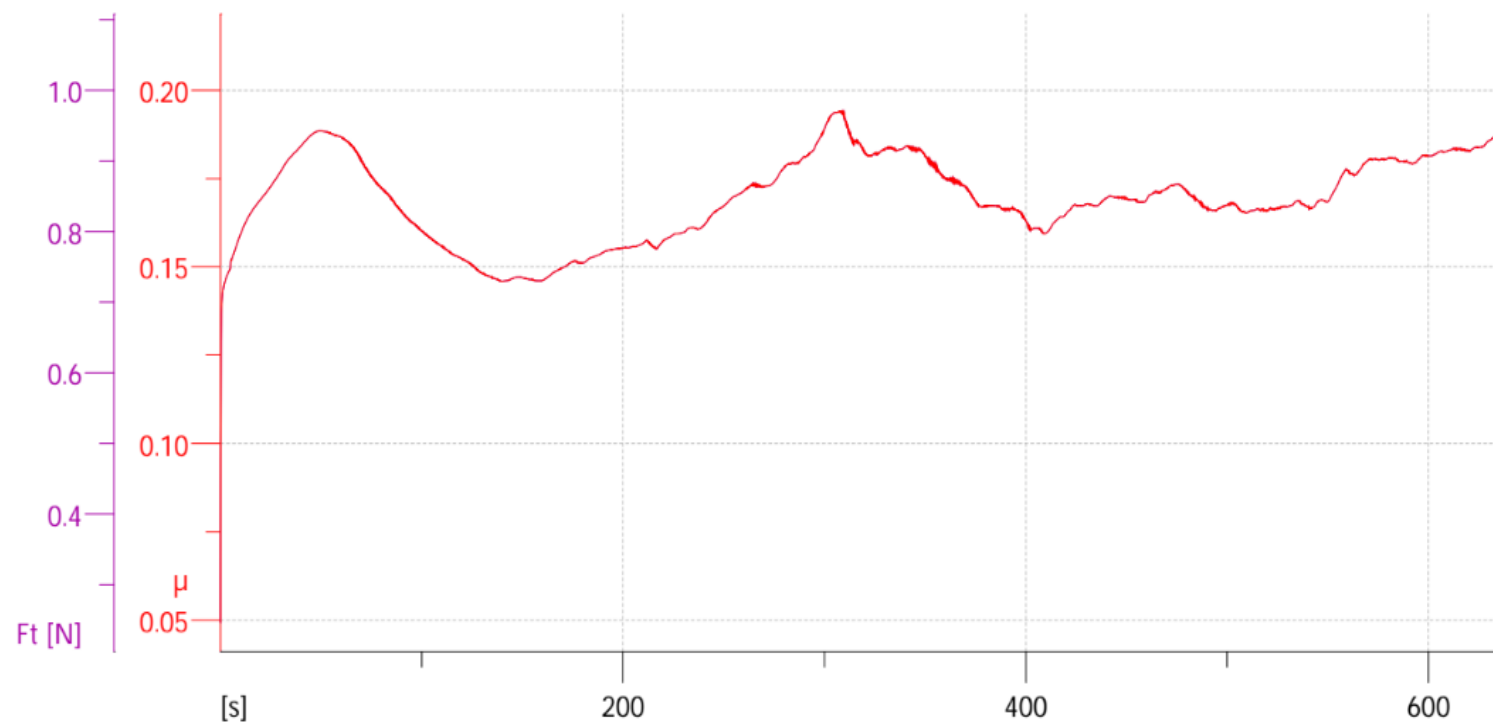
Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.347
磨耗損失率	3.4×10^{-6}

FCD600添加鈇之磨耗曲線 3% 荷重5N

Start : 0.049 min : 0.049 max : 0.194 mean : 0.169 std. dev. : 0.012



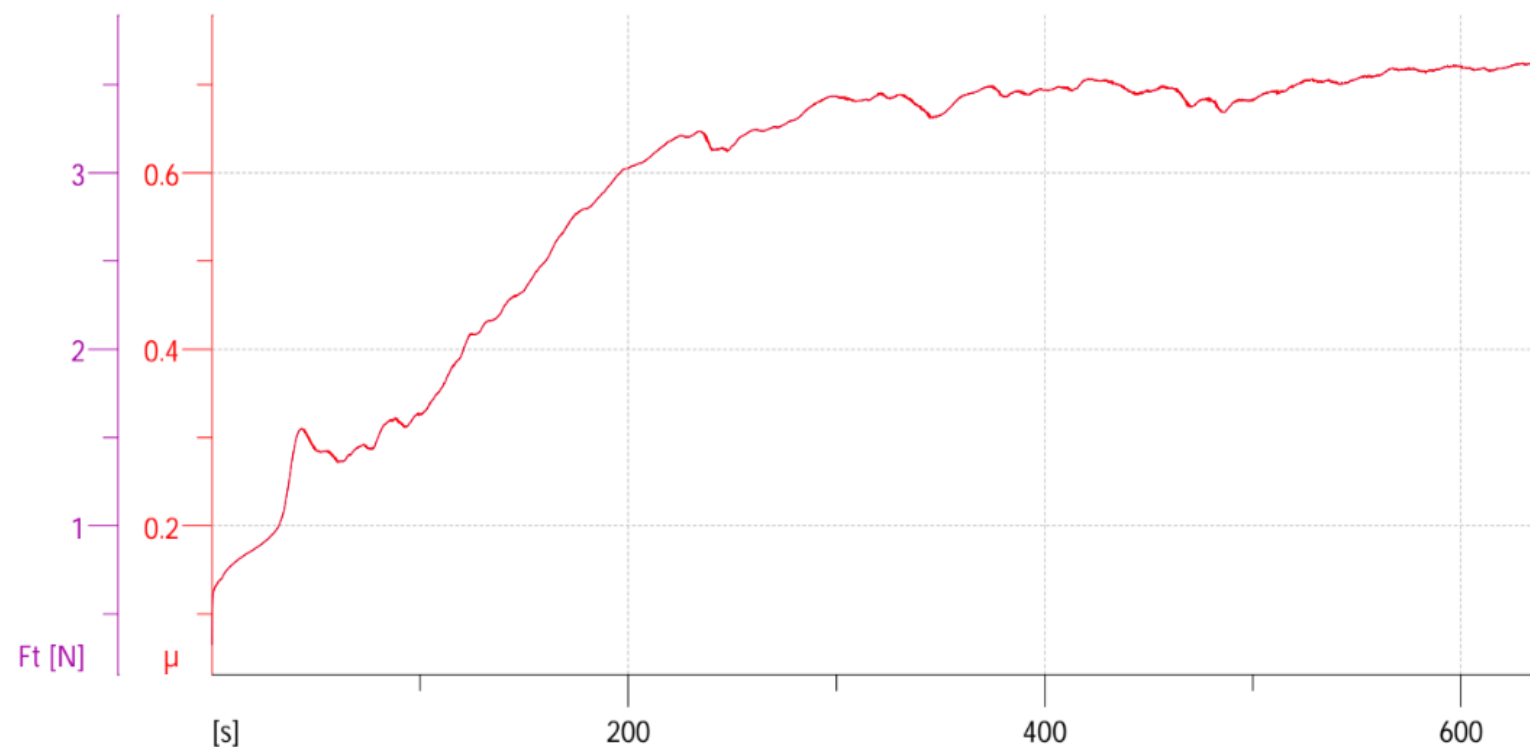
Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.194
磨耗損失率	5.4×10^{-6}

FCD600添加鈇之磨耗曲線 1%(ADI) 荷重5N

Start : 0.065 min : 0.065 max : 0.726 mean : 0.584 std. dev. : 0.169



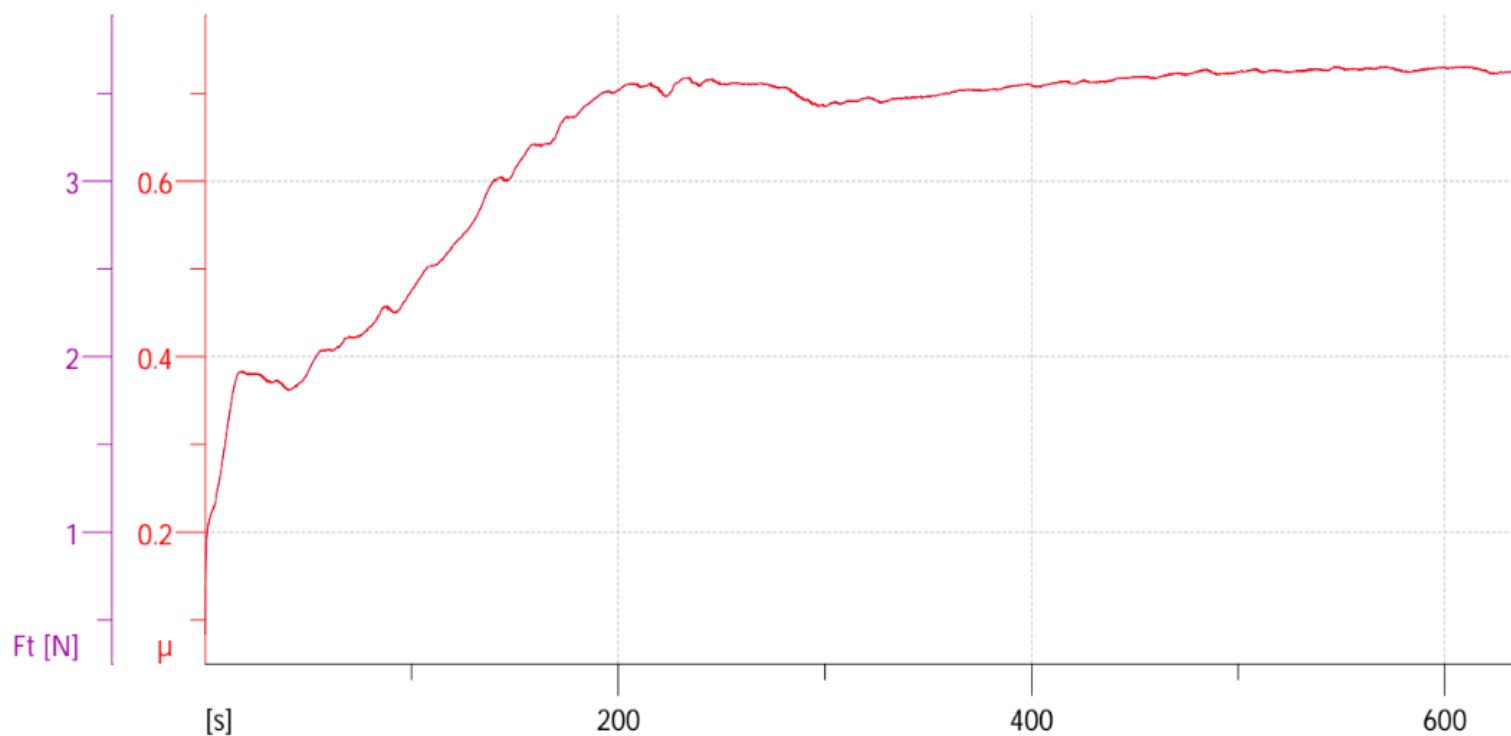
■ Friction Coef. ■ Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.726
磨耗損失率	3.9×10^{-6}

FCD600添加鈮之磨耗曲線 2%(ADI) 荷重5N

Start : 0.083 min : 0.083 max : 0.730 mean : 0.645 std. dev. : 0.124



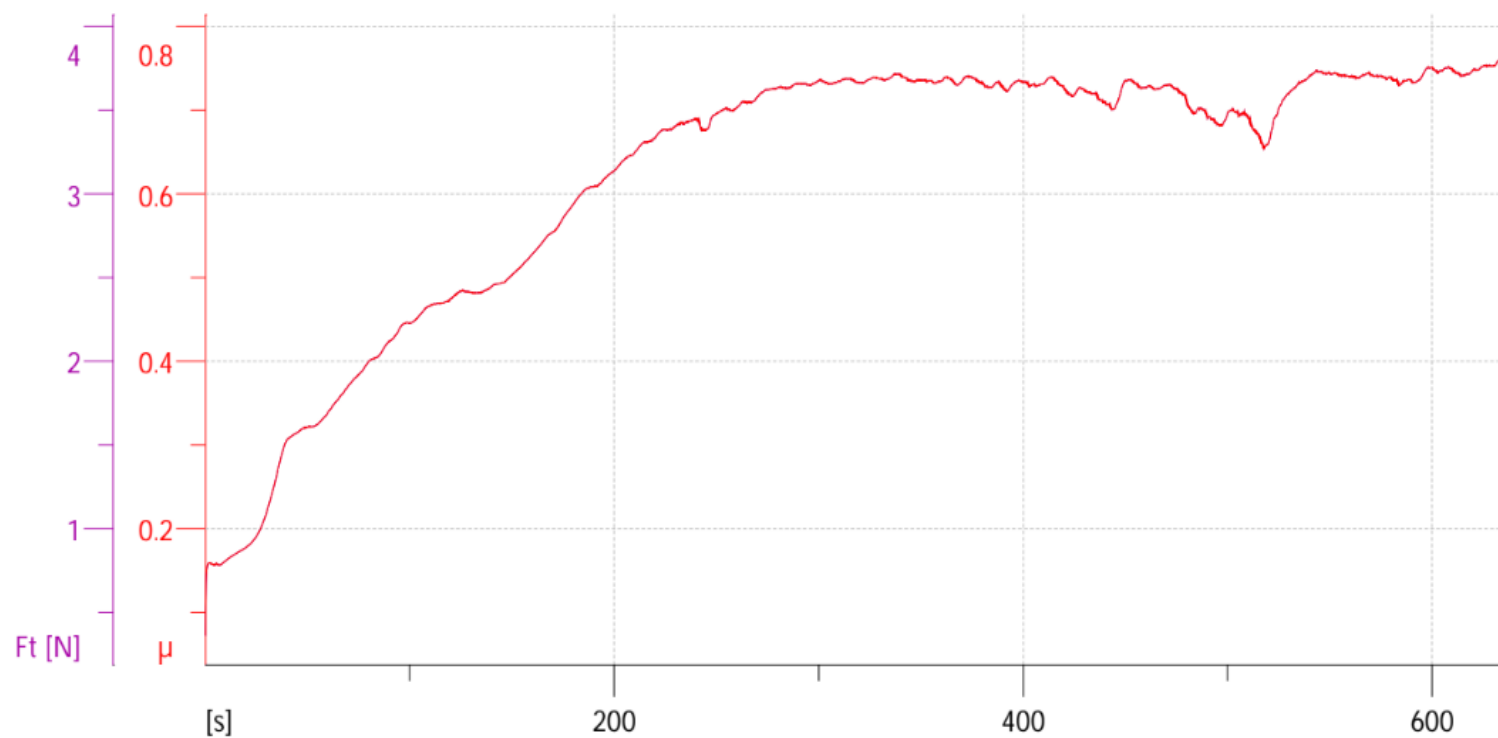
Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.730
磨耗損失率	1.2×10^{-6}

FCD600添加鈇之磨耗曲線 3%(ADI) 荷重5N

Start : 0.073 min : 0.073 max : 0.759 mean : 0.623 std. dev. : 0.163

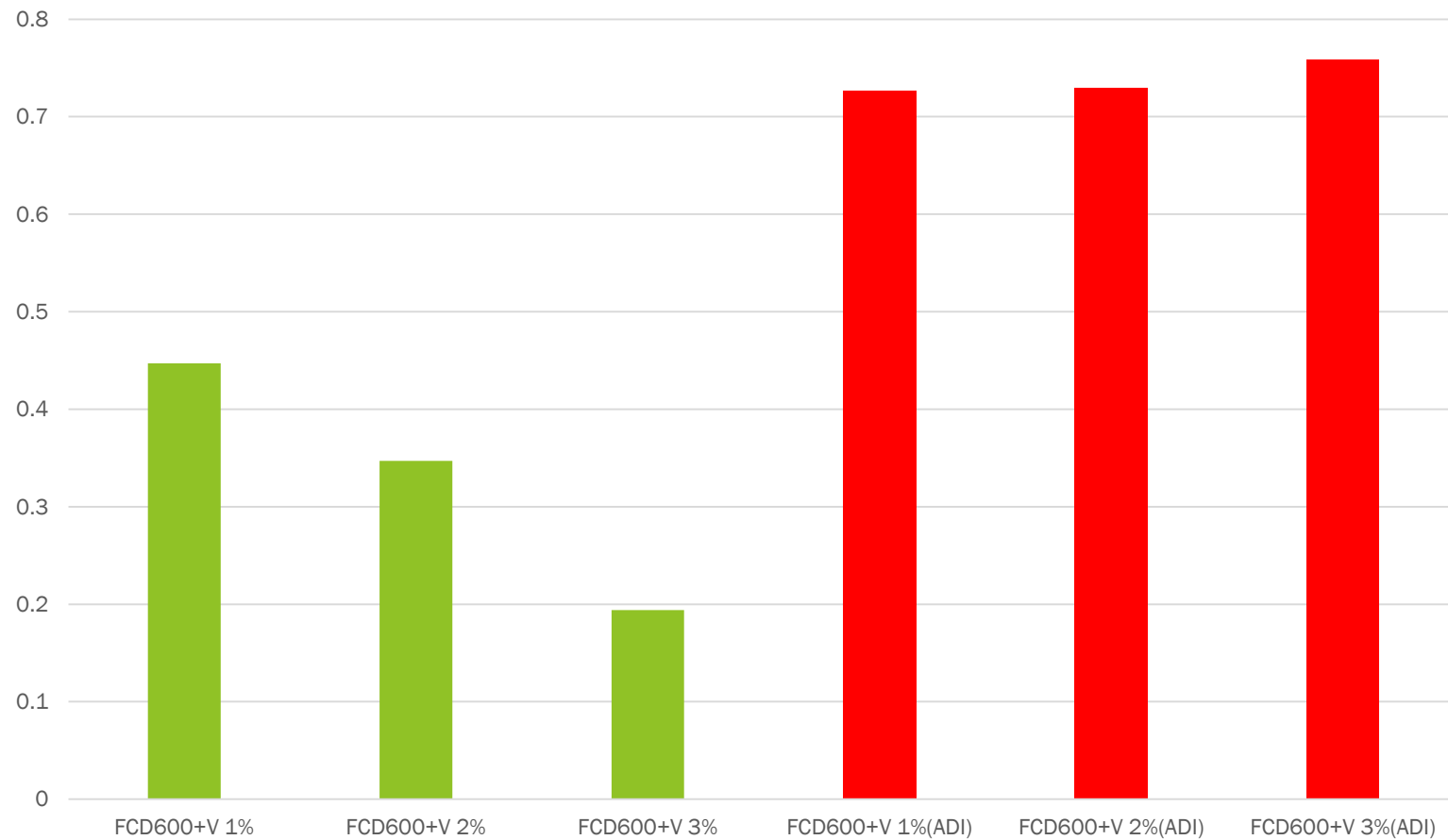


Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

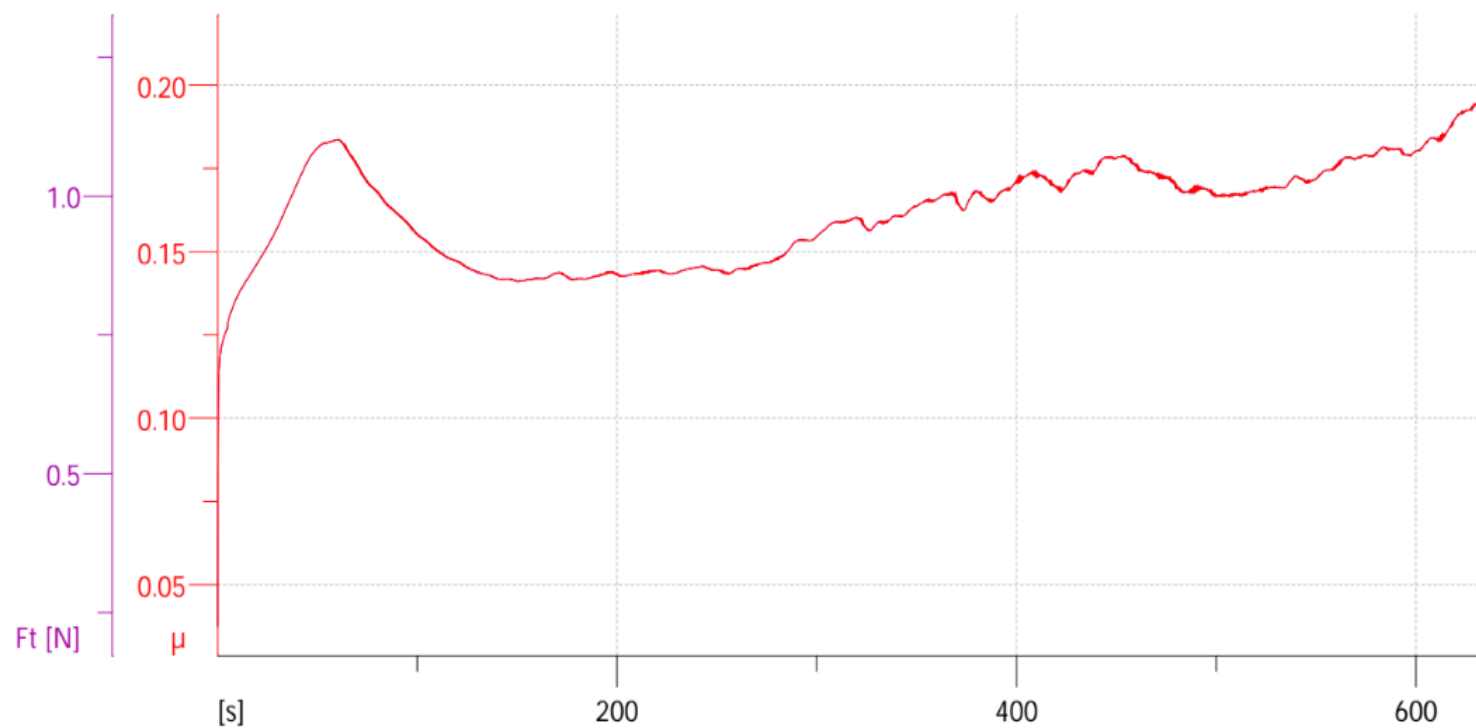
摩擦係數	0.759
磨耗損失率	7.1×10^{-6}

FCD600添加鈦之磨耗係數 荷重5N



FCD600添加鈇之磨耗曲線 1% 荷重6N

Start : 0.037 min : 0.037 max : 0.199 mean : 0.162 std. dev. : 0.015



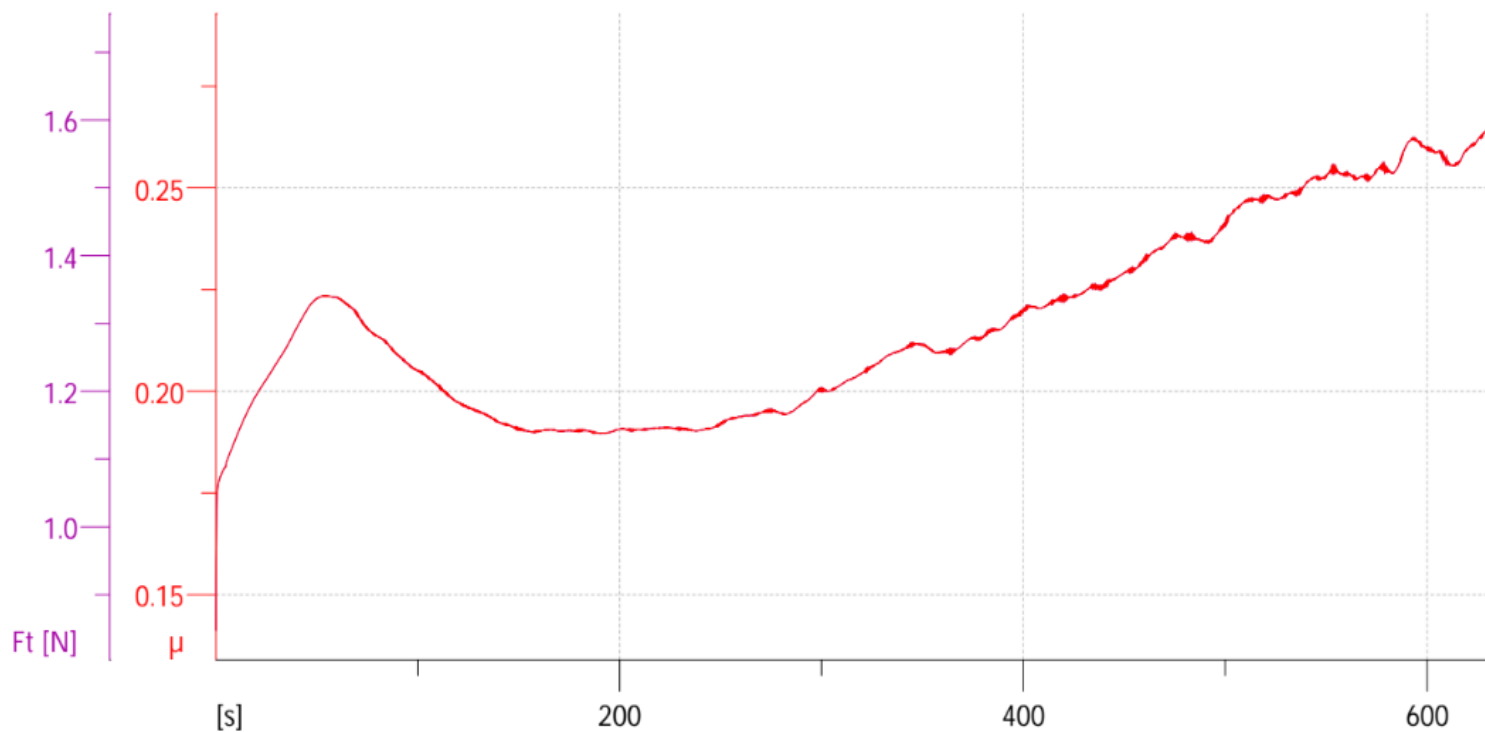
Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.199
磨耗損失率	(有問題) 6.306×10^{-5}

FCD600添加鈇之磨耗曲線 2% 荷重6N

Start : 0.141 min : 0.141 max : 0.264 mean : 0.217 std. dev. : 0.024



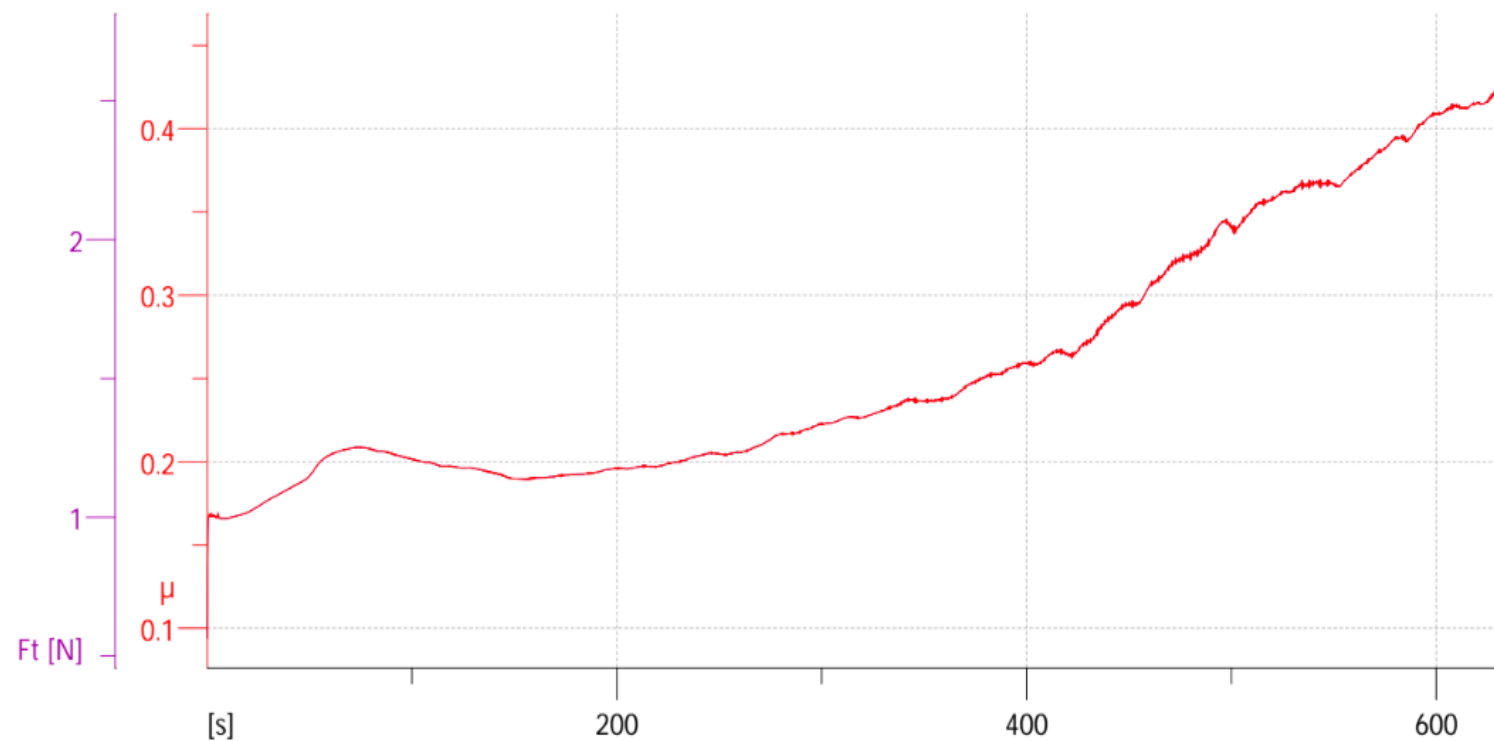
Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.264
磨耗損失率	5.6×10^{-6}

FCD600添加鈇之磨耗曲線 3% 荷重6N

Start : 0.094 min : 0.094 max : 0.424 mean : 0.258 std. dev. : 0.076



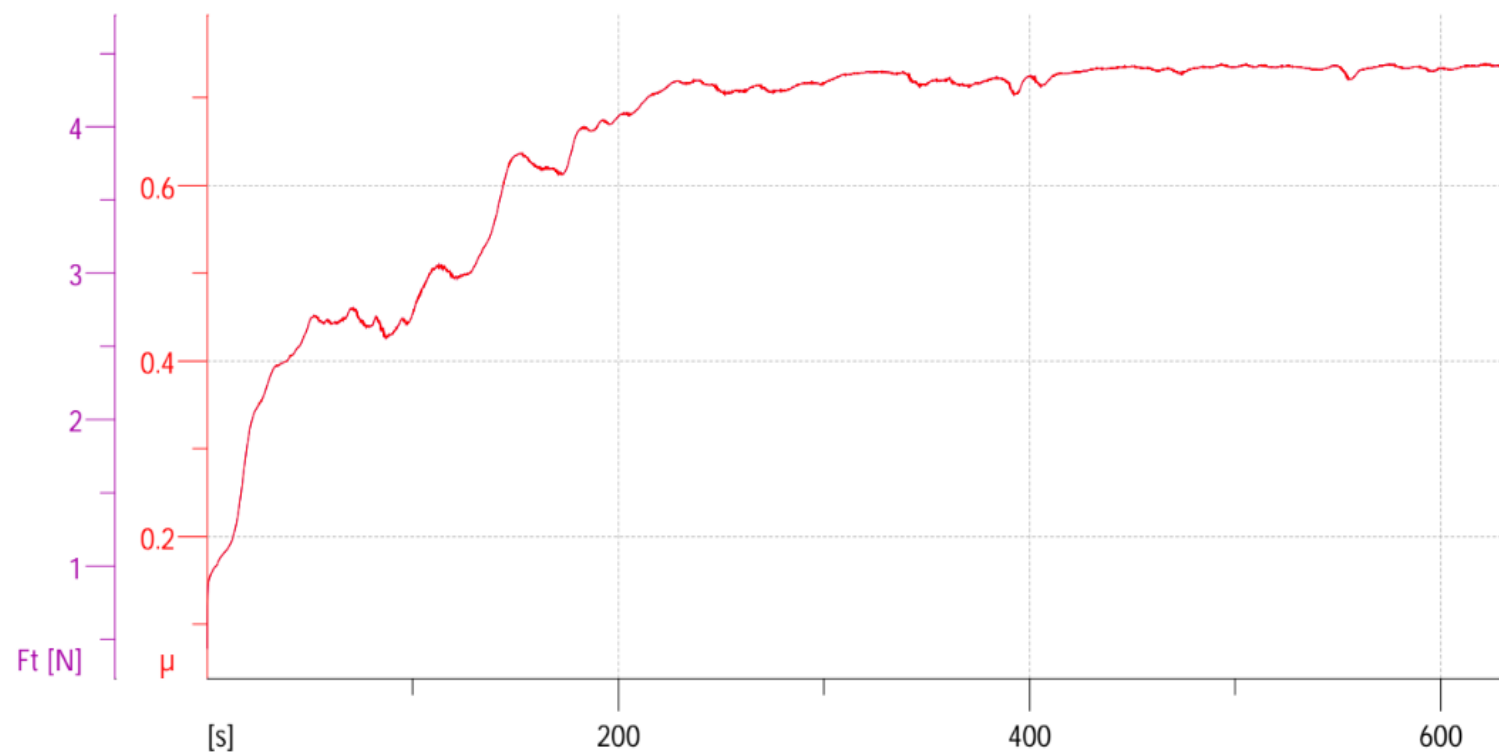
Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.424
磨耗損失率	(有問題) 1.1×10^{-4}

FCD600添加鈇之磨耗曲線 1%(ADI) 荷重6N

Start : 0.073 min : 0.073 max : 0.738 mean : 0.648 std. dev. : 0.136



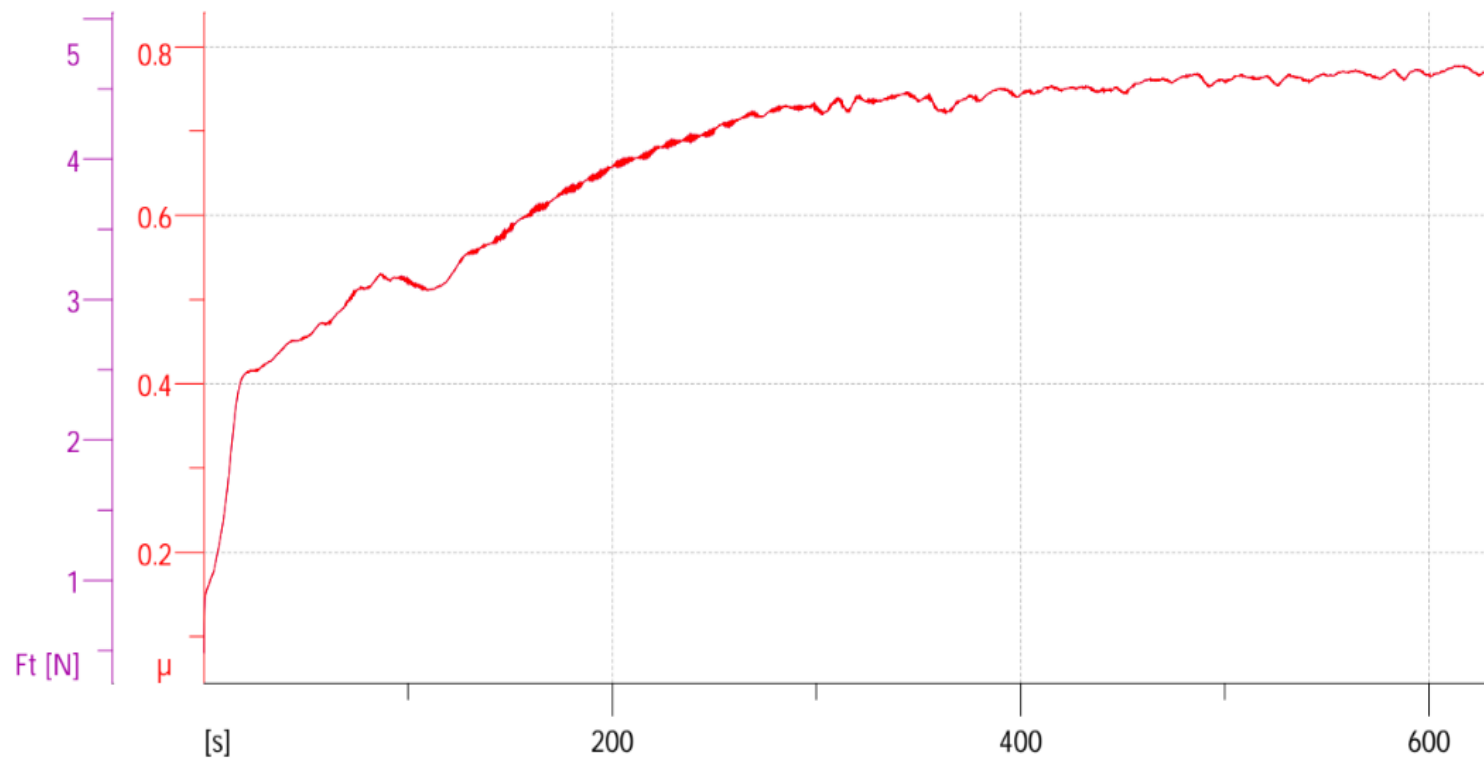
Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.738
磨耗損失率	5.6×10^{-6}

FCD600添加鈦之磨耗曲線 2%(ADI) 荷重6N

Start : 0.081 min : 0.081 max : 0.777 mean : 0.668 std. dev. : 0.126



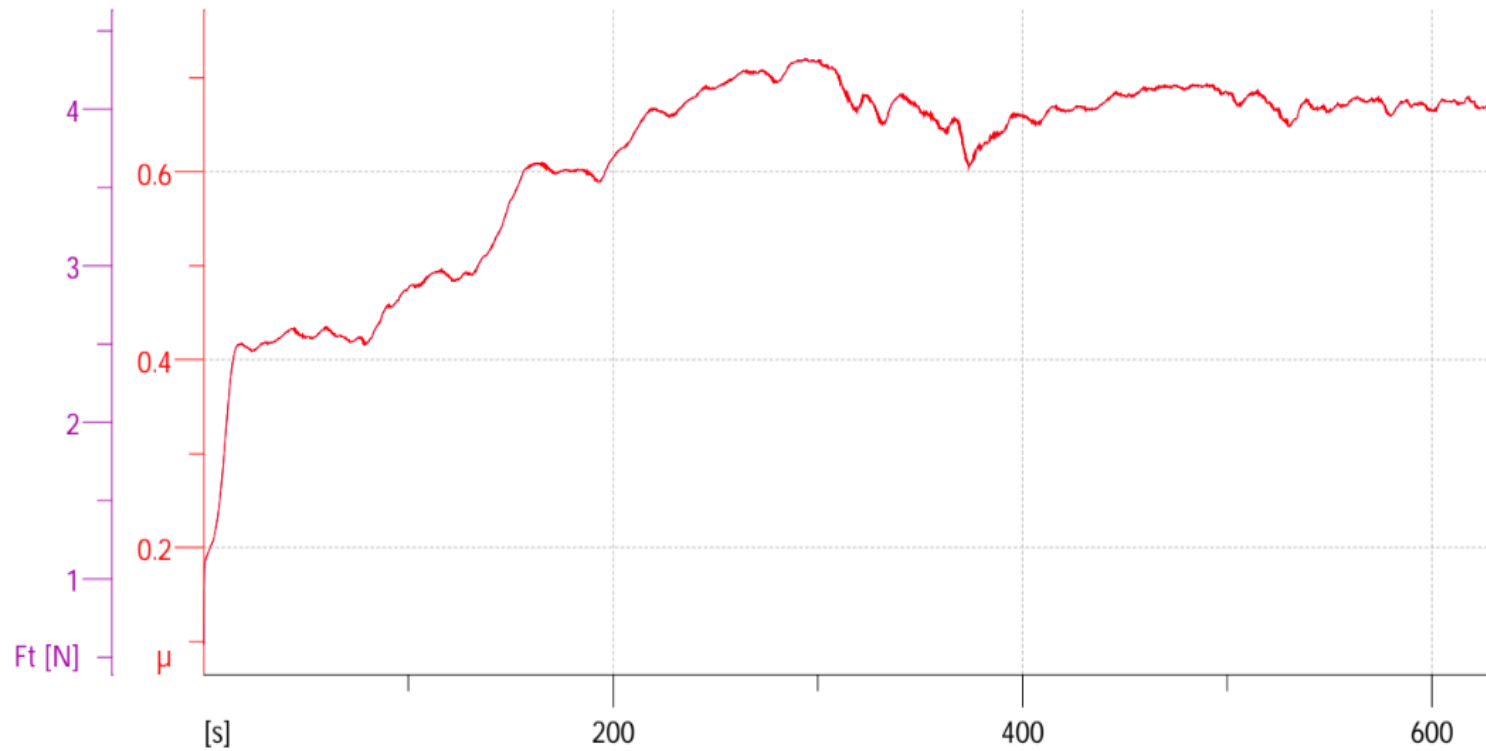
磨耗結果

摩擦係數	0.777
磨耗損失率	3.4×10^{-6}

Friction Coef. Friction Force

FCD600添加釩之磨耗曲線 3%(ADI) 荷重6N

Start : 0.097 min : 0.097 max : 0.720 mean : 0.612 std. dev. : 0.107

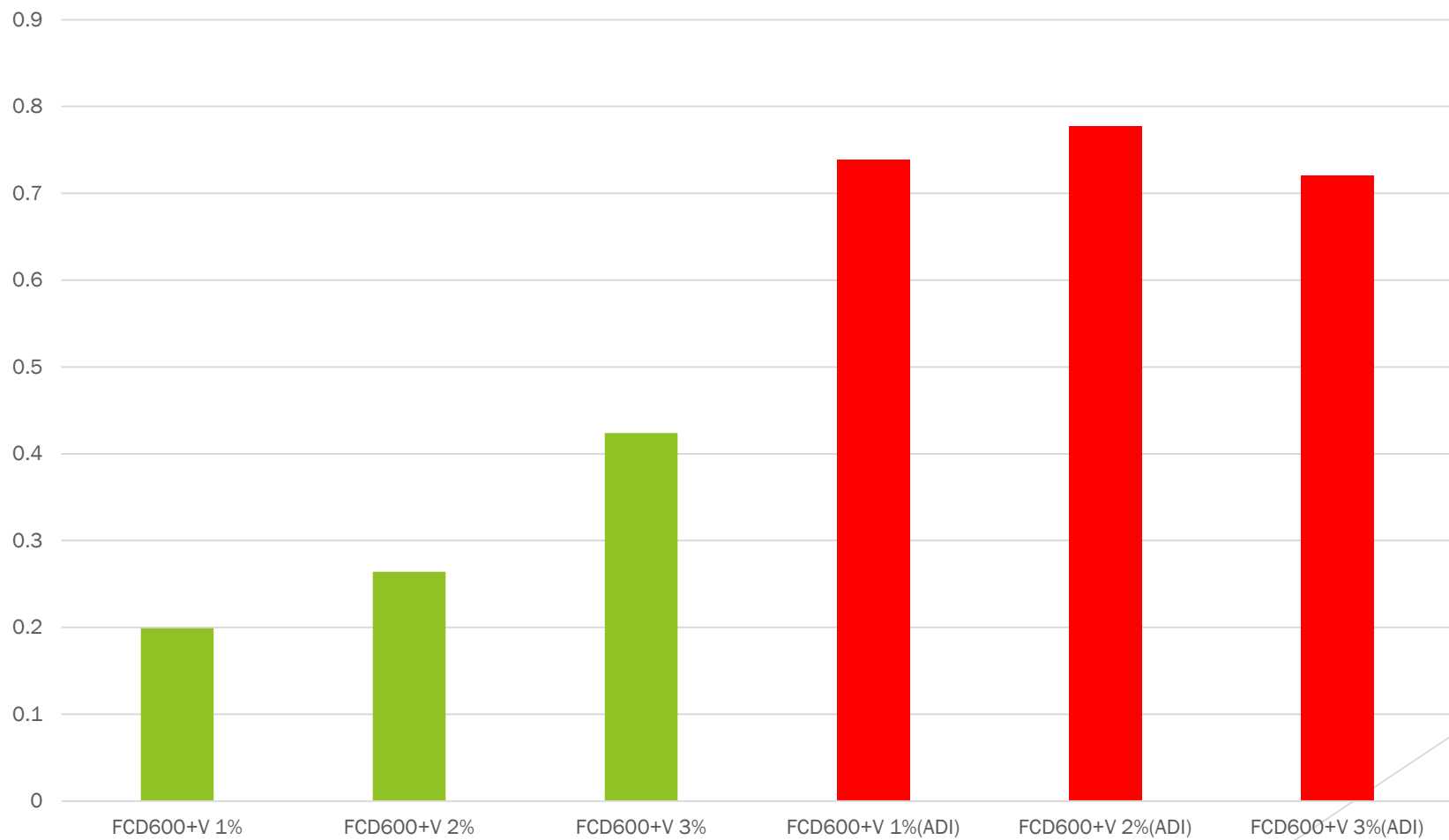


磨耗結果

摩擦係數	0.720
磨耗損失率	1.28×10^{-5}

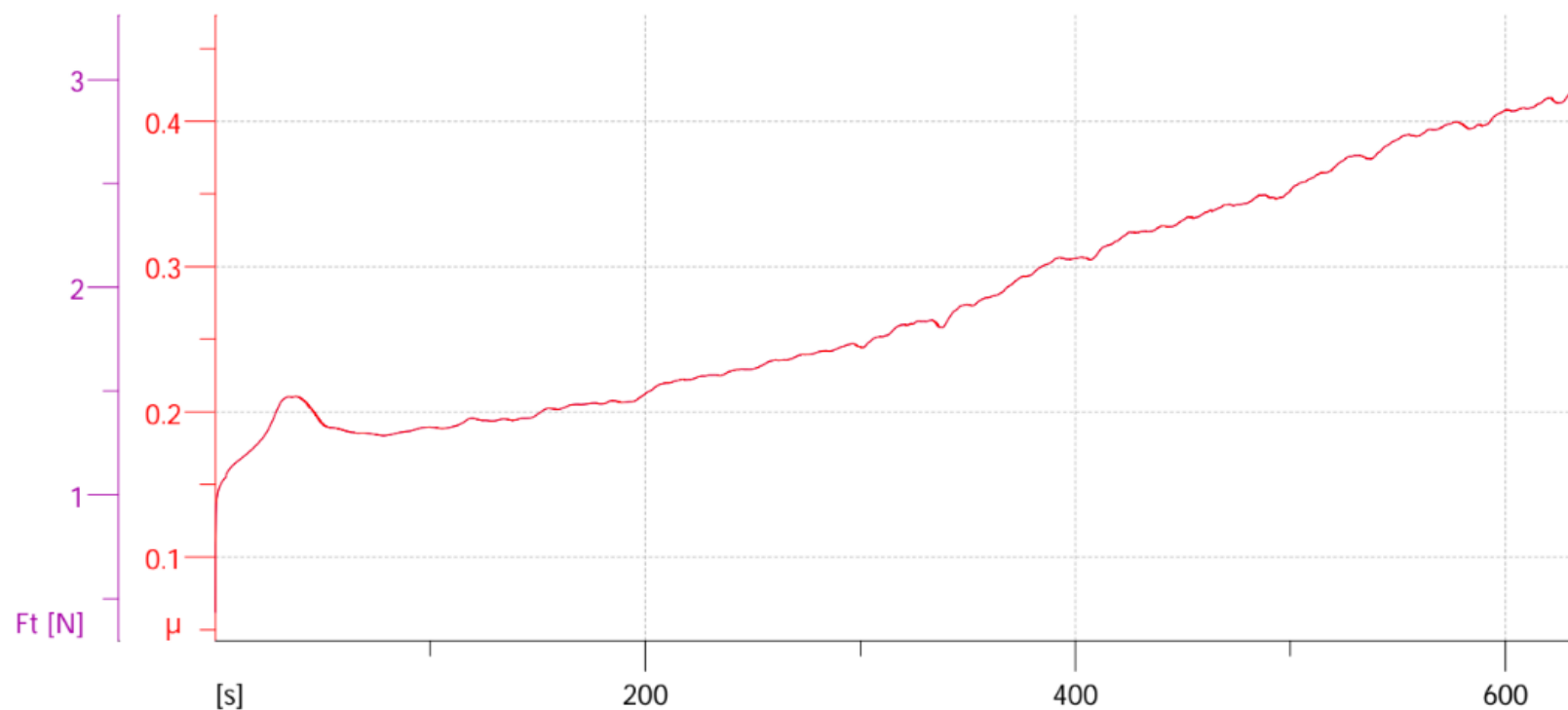
Friction Coef. Friction Force

FCD600添加鈇之磨耗係數 荷重6N



FCD600添加鈦之磨耗曲線 1% 荷重7N

Start : 0.062 min : 0.062 max : 0.428 mean : 0.276 std. dev. : 0.078



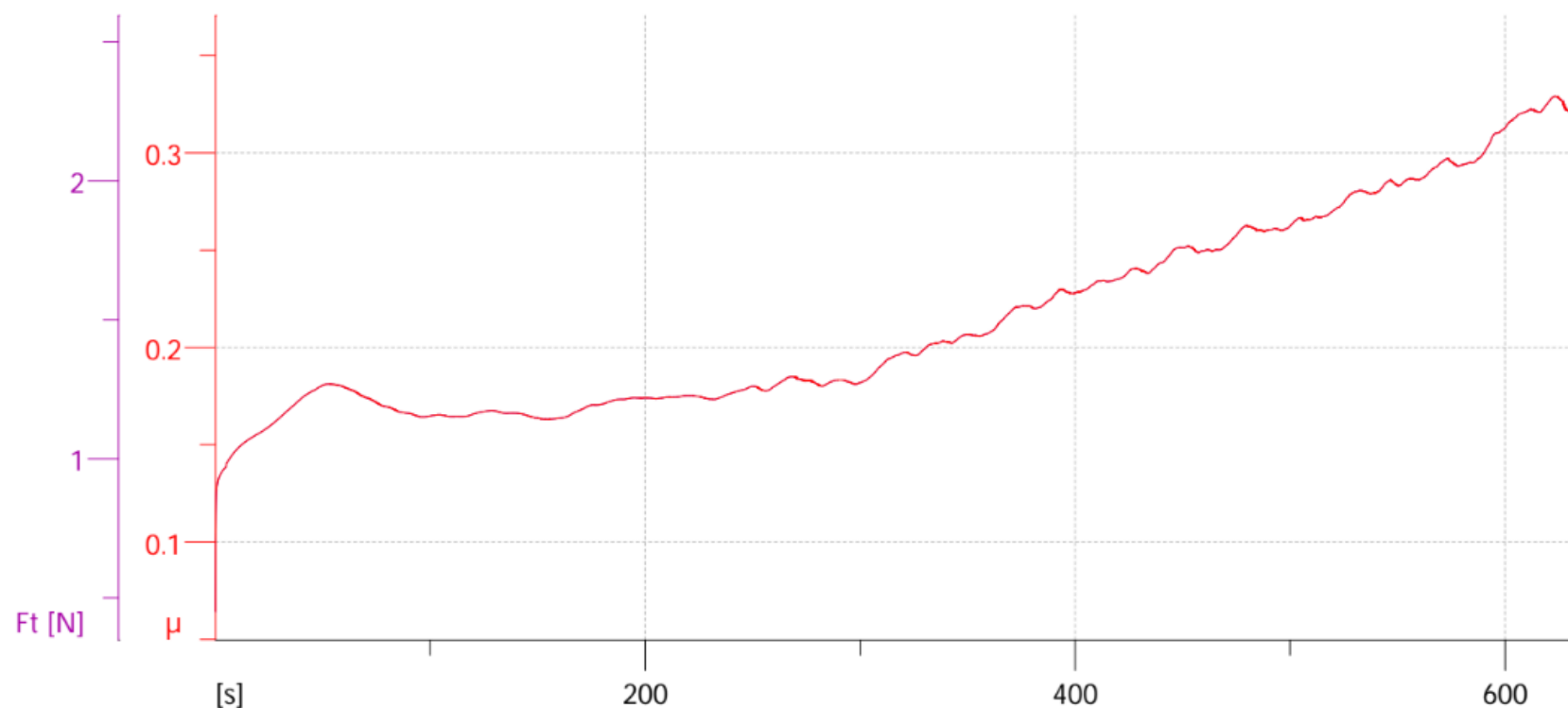
■ Friction Coef. ■ Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.428
磨耗損失率	8.04×10^{-6}

FCD600添加鈇之磨耗曲線 2% 荷重7N

Start : 0.064 min : 0.064 max : 0.329 mean : 0.215 std. dev. : 0.051



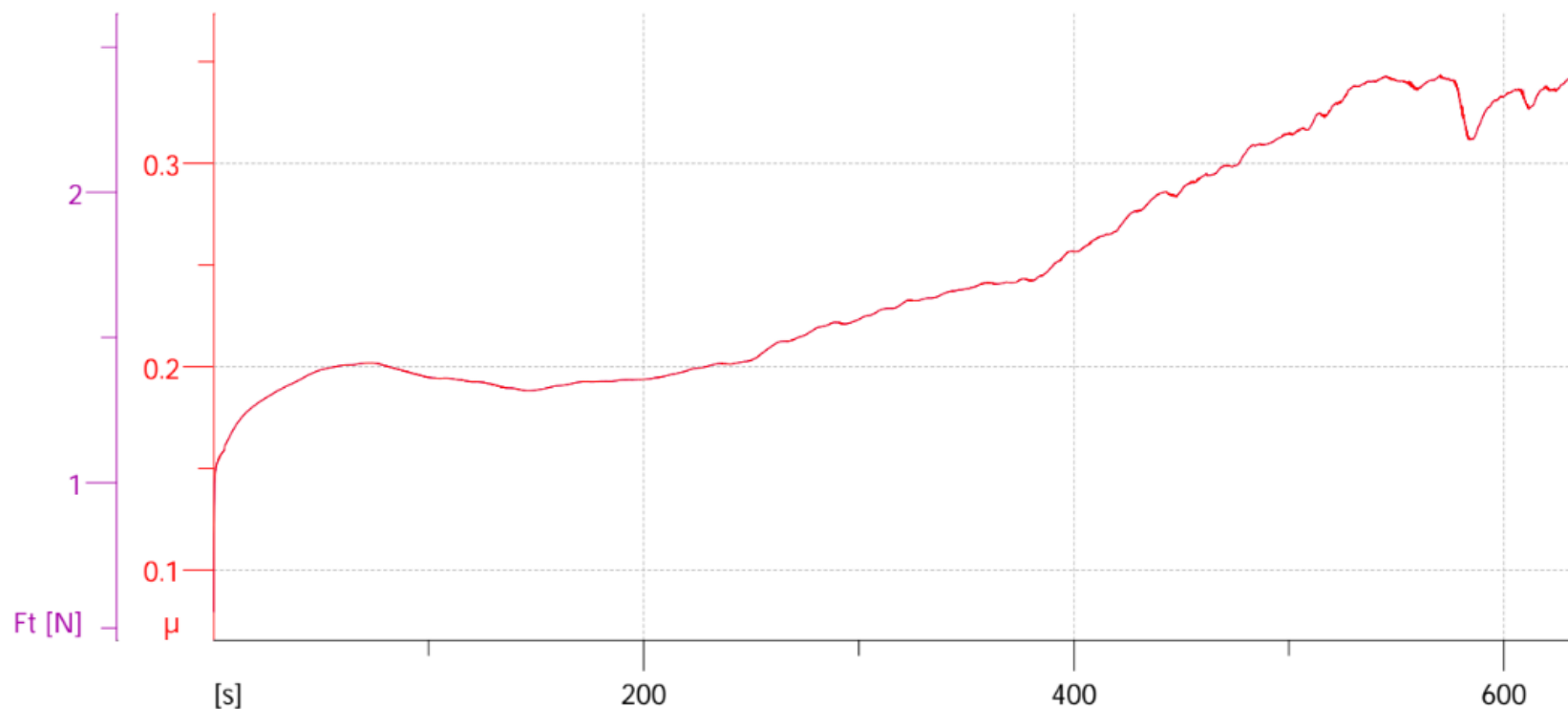
Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.329
磨耗損失率	5.92×10^{-6}

FCD600添加鈦之磨耗曲線 3% 荷重7N

Start : 0.079 min : 0.079 max : 0.343 mean : 0.247 std. dev. : 0.057



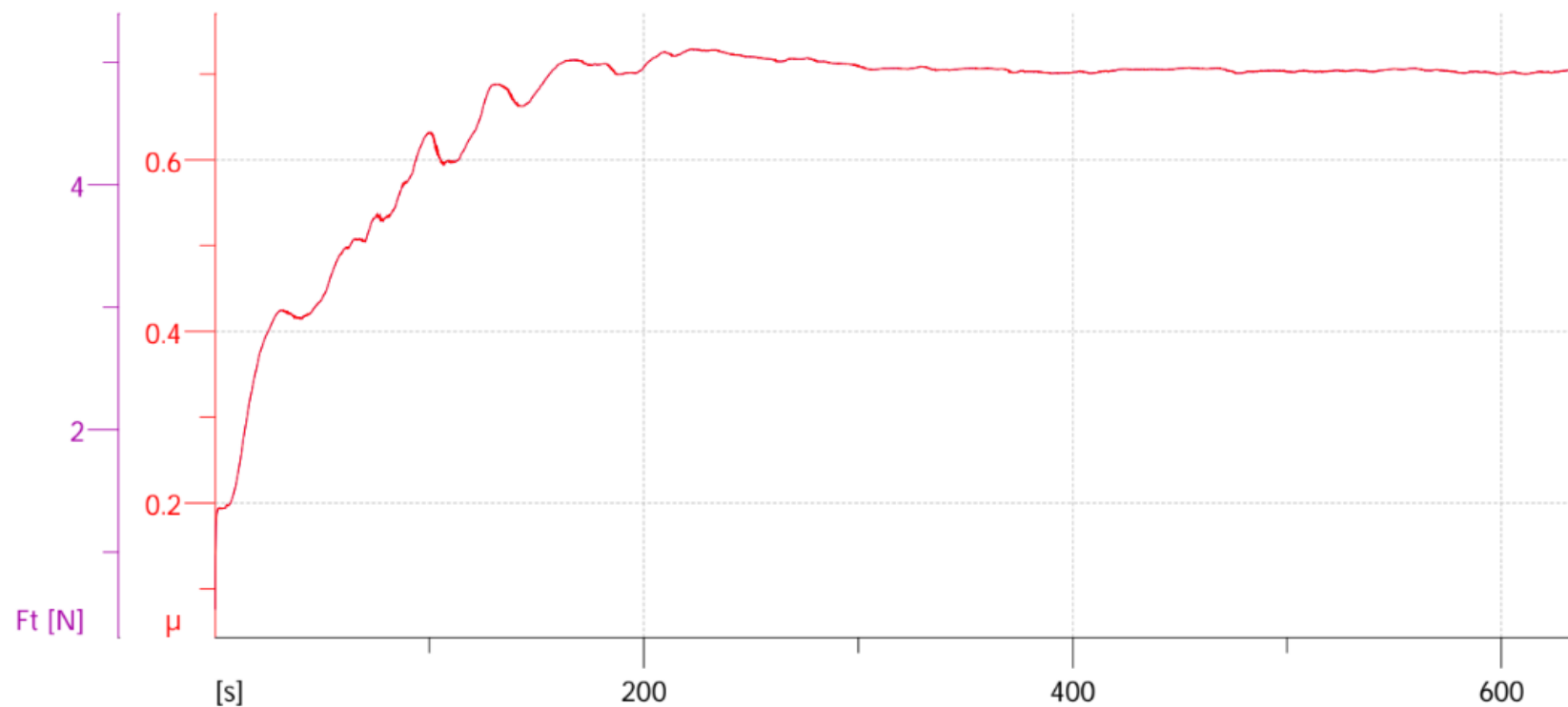
磨耗結果

摩擦係數	0.343
磨耗損失率	5.36×10^{-6}

Friction Coef. Friction Force

FCD600添加鈮之磨耗曲線 1%(ADI) 荷重7N

Start : 0.076 min : 0.076 max : 0.729 mean : 0.661 std. dev. : 0.108



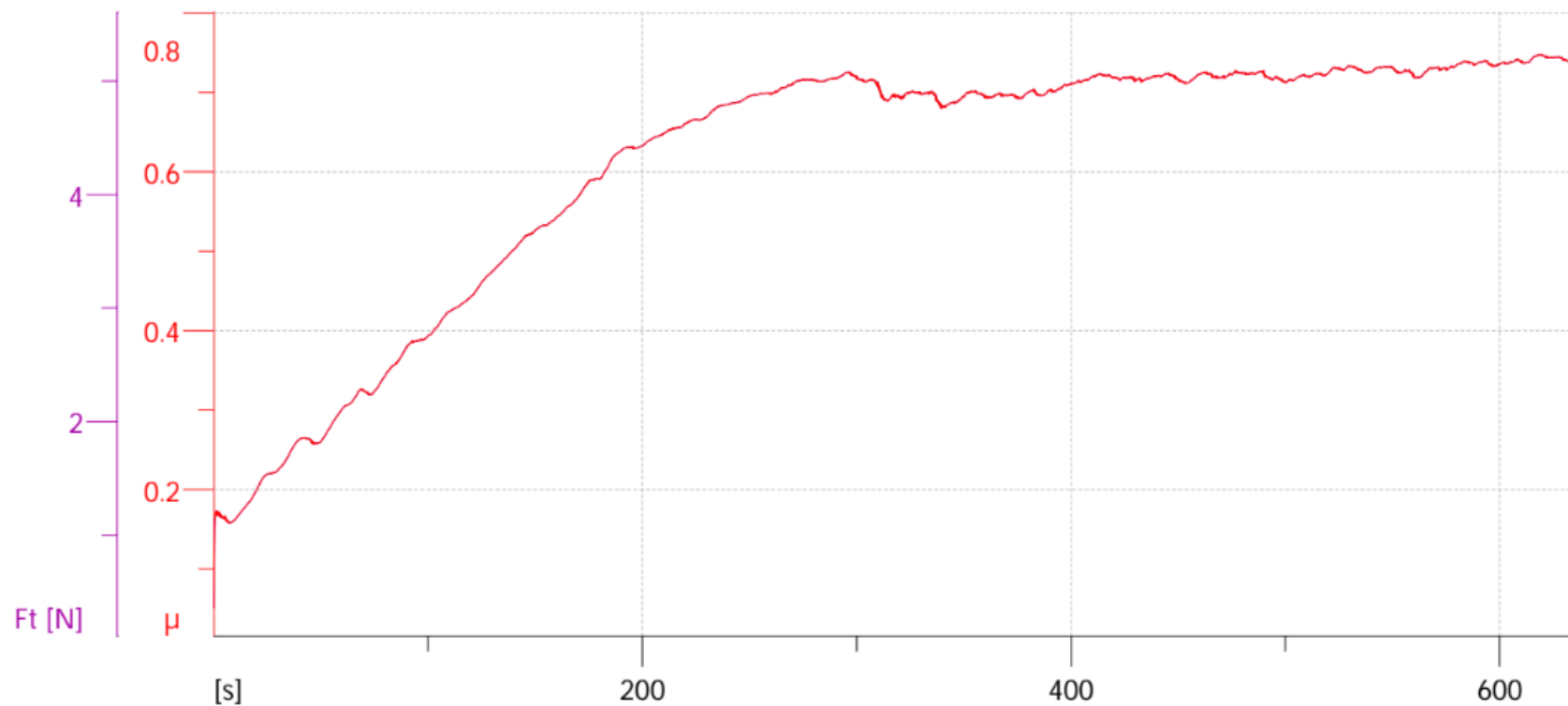
Friction Coef. Friction Force

磨耗結果

摩擦係數	0.729
磨耗損失率	6.62×10^{-6}

FCD600添加鈮之磨耗曲線 2%(ADI) 荷重7N

Start : 0.051 min : 0.051 max : 0.748 mean : 0.613 std. dev. : 0.167



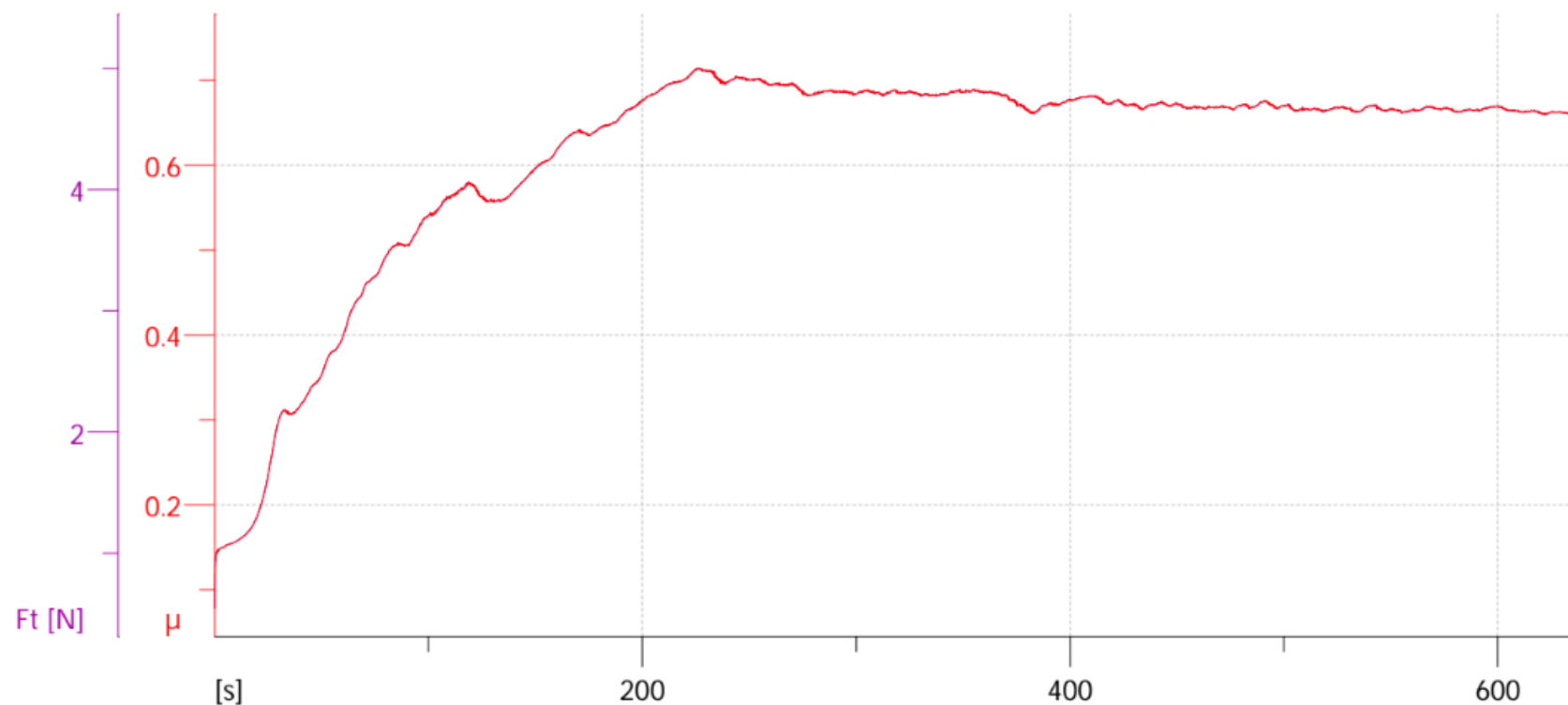
磨耗結果

摩擦係數	0.748
磨耗損失率	4.38×10^{-6}

Friction Coef. Friction Force

FCD600添加鈦之磨耗曲線 3%(ADI) 荷重7N

Start : 0.078 min : 0.078 max : 0.714 mean : 0.614 std. dev. : 0.129

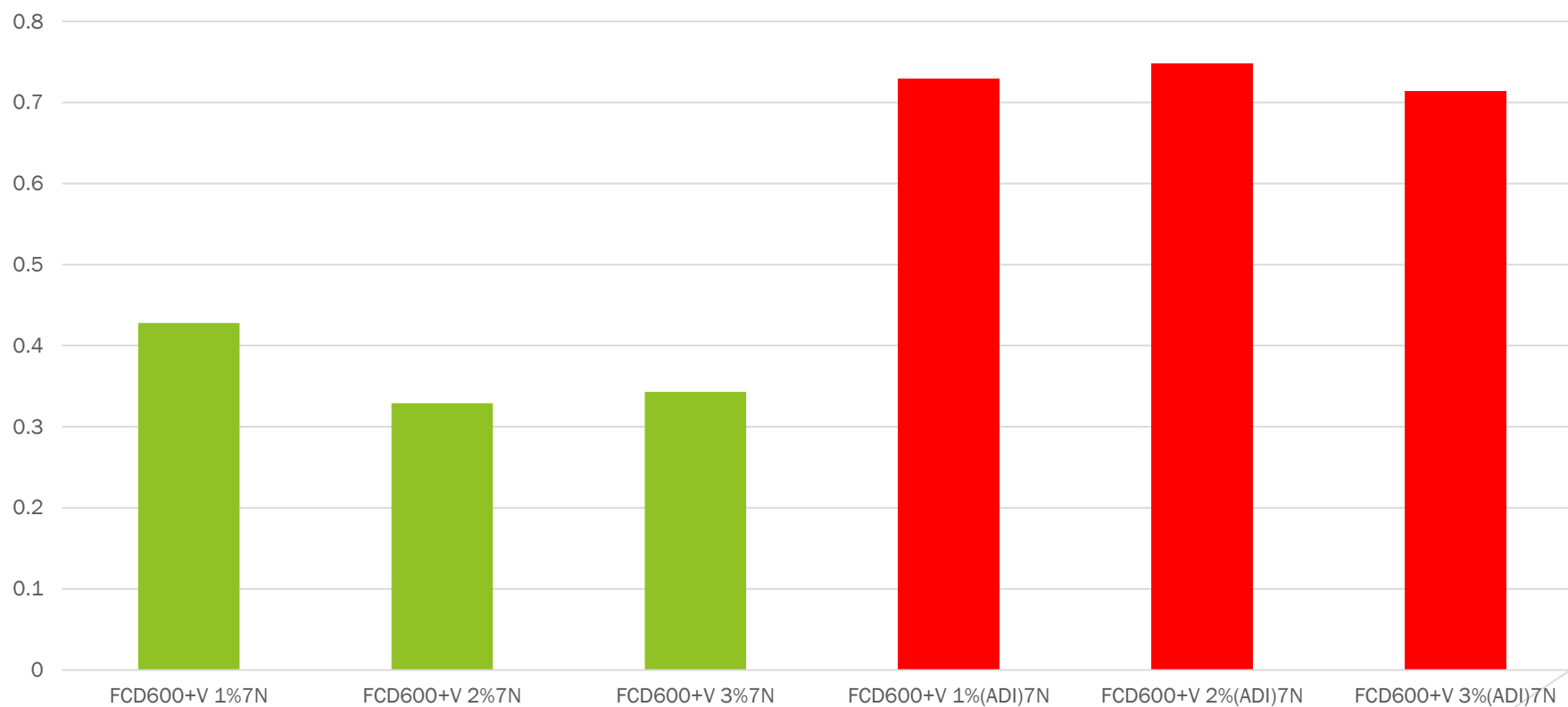


■ Friction Coef. ■ Friction Force

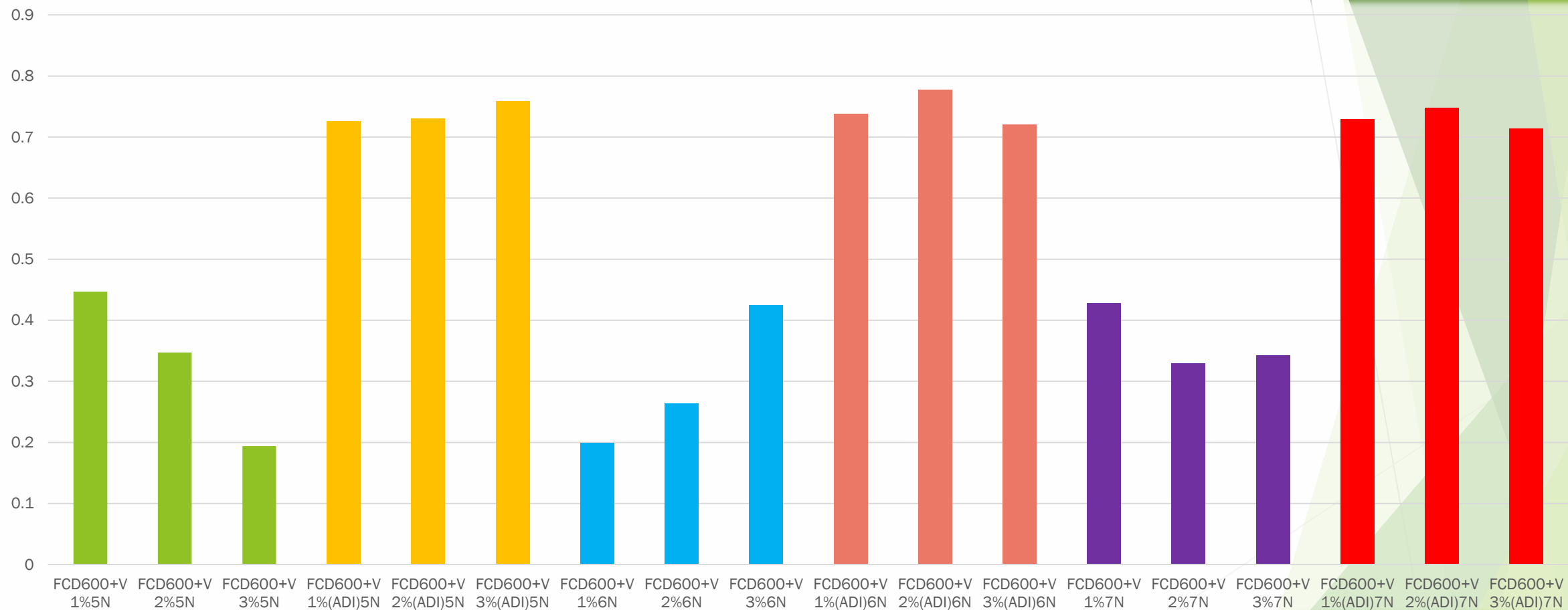
磨耗結果

摩擦係數	0.714
磨耗損失率	3.58×10^{-6}

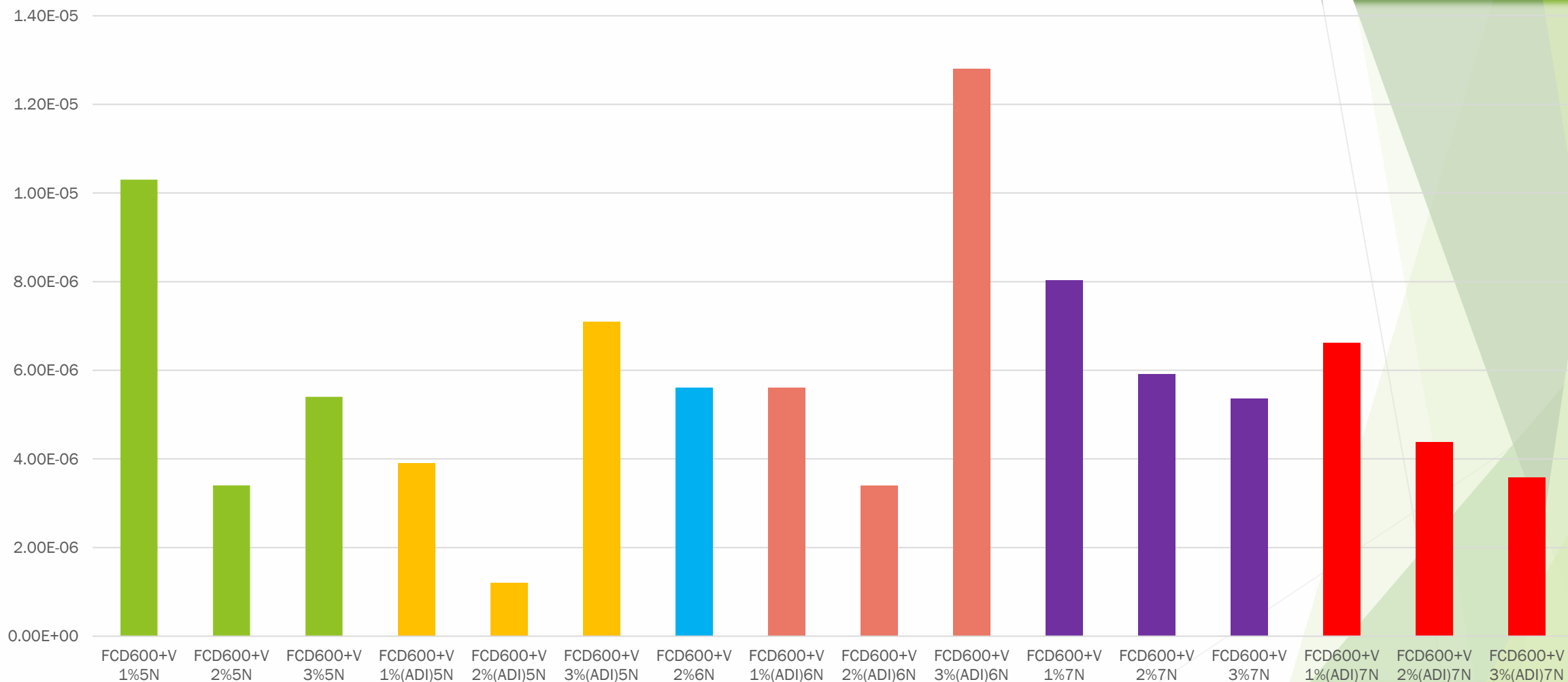
FCD600添加鈦之磨耗係數 荷重7N



FCD600添加钒之磨耗係數



FCD600添加钒之磨耗損失率



Future work

- ▶ 1. 進行荷重7N循環式磨耗測試並重複測試以檢驗其再現性
- ▶ 2. 使用掃描式電子顯微鏡觀察FCD600添加不同比例釩的表面結構
- ▶ 3. 進行極化試驗測試FCD600添加不同比例釩之耐腐蝕性
- ▶ 4. 利用XRD分析FCD600添加不同比例釩之晶體結構
- ▶ 5. 閱讀文獻以分析耐腐蝕性、耐磨耗性與FCD600添加元素的相關性