

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ Τ.Ε.Ι «ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ»

ΥΠΟΕΡΓΟ 2 «Μετροτεχνική Ανάλυση και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο κατεργασιών πολυαξονικού φραιζαρίσματος με χρήση πολλαπλών αισθητηρίων και κατάλληλο προσομοιωτικού μοντέλου»

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ ΠΕ3.β και ΠΕ5.ε

Σκοπός της παρούσας πειραματικής ερευνητικής εργασίας είναι η πειραματική διερεύνηση της τοπομορφίας και τραχύτητας επιφανειών, σε κατεργασίες φραιζαρίσματος αποπεράτωσης με εργαλείο σφαιρικής απόληξης. Συγκεκριμένα η εργασία αυτή εντάσσεται στο πακέτο εργασίας ΠΕ3 του παραπάνω έργου.

Οι κατεργασίες των πειραμάτων διεξήχθησαν σε κέντρο κατεργασίας DECKEL MAHO 600C του Εργαστήριο Εργαλειομηχανών του ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ.

Το υλικό στο οποίο έγιναν οι κατεργασίες αποπεράτωσης και στην συνέχεια οι μετρήσεις είναι ο χάλυβας κατασκευών CK60. Με χημικές ιδιότητες όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Χημικές ιδιότητες

DIN	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%
CK60	0.57- 0.65	≤0.40	0.40- 0.90	0.035	0.035	≤0.40	≤0.10	≤0.40

Η αγορά του συγκεκριμένου χάλυβα CK60 έγινε σε μορφή ορθογωνικής διατομής (Λάμα) με διαστάσεις 160mm X 30mm X Τρέχων μέτρο. Από αυτή τη λάμα με την βοήθεια της κορδέλας κοπής μετάλλου κόβουμε τόσο υλικό, ανάλογα με τις ανάγκες του πειράματος.

Στην συνέχεια ξεχονδρίζουμε, και παραλληλίζουμε τις τέσσερις πλευρές τις πλάκας, για να εξαλείψουμε τις ατέλειες από την κοπή του μετάλλου, αλλά και να είμαστε σίγουροι ότι η πλάκα μας θα πατήσει ομοιόμορφα στην μέγγενη της εργαλειομηχανής. Στην συνέχεια αφού στερεώσουμε την πλάκα προς κατεργασία στην μέγγενη ξεχονδρίζουμε την ελεύθερη επιφάνεια μέχρι να γίνει παράλληλη με το κοπτικό. Μόνο τώρα είμαστε σίγουροι ότι το βάθος που έχουμε προγραμματίσει είναι και το πραγματικό.

Δεδομένα Πειράματος

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι συνθήκες κοπής για την κάθε περιοχή κατεργασίας (10X10mm το κάθε ένα τετραγωνάκι), αλλά και η στρατηγική (Ομόρροπο – Αντίρροπο) φρεζάρισμα που πρέπει να ακολουθήσουμε. Όλες οι κοπές γίνονται με χρήση ψυκτικού υγρού.

Υλικό : CK60

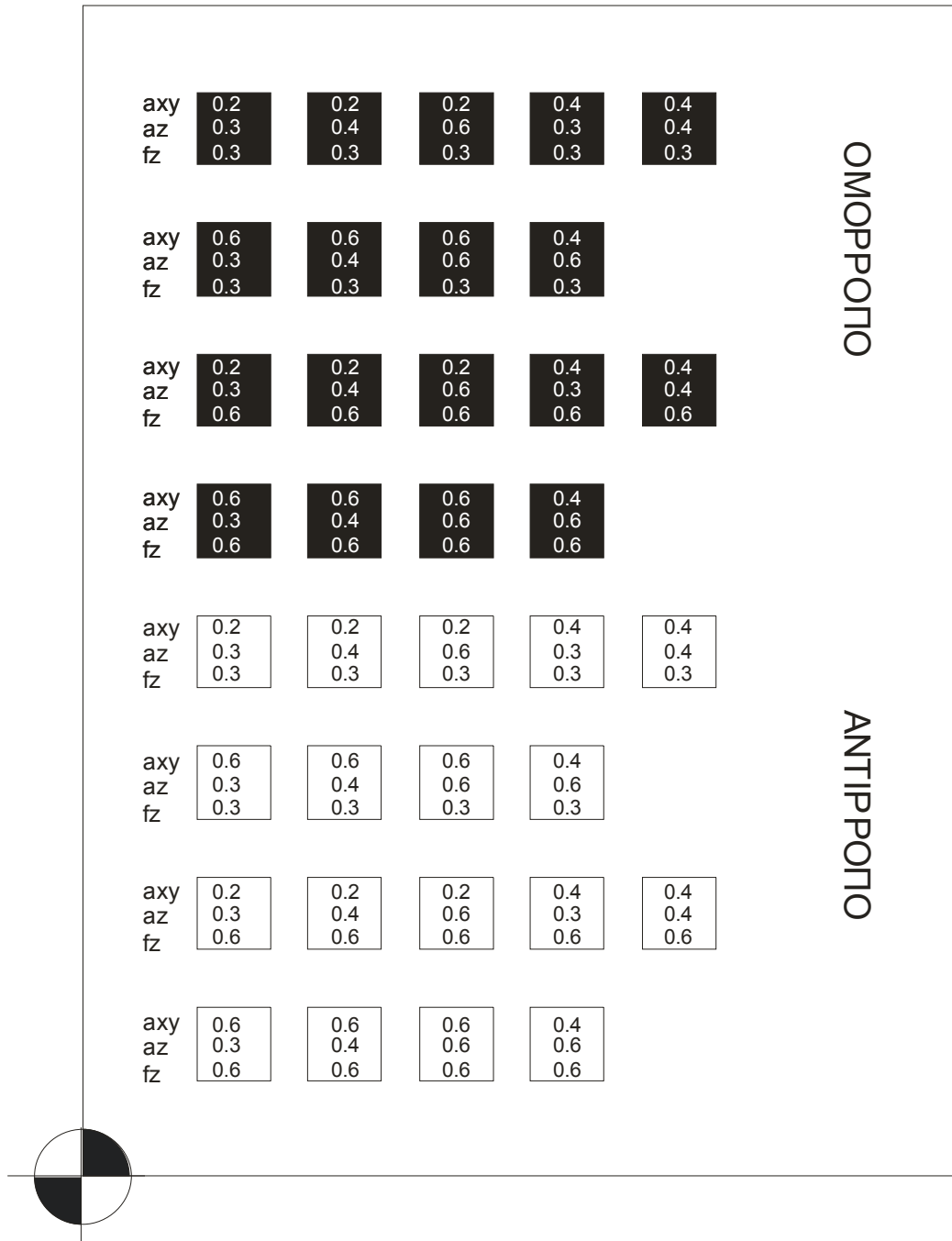
axy: Ακτινικό βάθος κοπής (mm)

az: Αξονικό βάθος κοπής (mm)

fz: Πρόωση (mm/rev,δόντι)

Κάθετο φραιζάρισμα G18 (Γωνία κλίσης εργαλείου 0°)

z=1: Αριθμός κόψεων



Με βάση τα δεδομένα του πειράματος που φαίνονται στο παραπάνω σχήμα υπολογίζουμε :

J: Αριθμός περασμάτων του κοπτικού = $\left(\frac{10mm}{axy}\right)$

S: Στροφές κοπτικού (rpm)

F: Πρόωση (mm/min)

Και έχουμε τις παρακάτω τιμές:

J S F	50 5848 1754	50 5064 1519	50 4135 1240	25 5848 1754	25 5064 1519	
	J S F	17 5848 1754	17 5064 1519	17 4135 1240	25 4135 1240	
		J S F	50 5848 3509	50 5064 3509	50 4135 2481	25 5848 3509
J S F			17 5848 3509	17 5064 3039	17 4135 2481	25 4135 2481
	J S F		50 5848 1754	50 5064 1519	50 4135 1240	25 5848 1754
		J S F	17 5848 1754	17 5064 1519	17 4135 1240	25 4135 1240
J S F			50 5848 3509	50 5064 3509	50 4135 2481	25 5848 3509
	J S F		17 5848 3509	17 5064 3039	17 4135 2481	25 4135 2481

ΟΜΟΡΡΟΠΟ

ΑΝΤΙΡΡΟΠΟ



Χρησιμοποιώντας όλα τα παραπάνω δεδομένα για το πείραμα, δημιουργούμε το πρόγραμμα για το ψηφιακό κέντρο κατεργασίας σε κώδικα G όπως φαίνεται παρακάτω:

%PM2430
N2430 (G18 CORNER 0)
N1 G18
N2 G98 X-10 Y-20 Z-10 I120 J30 K120
N3 G99 X0 Y-20 Z0 I100 J20 K100
N4 G52
N5 T10 M6
N6 S5848 F3509
N7 M3
N8 M8
N9 G0 X8 Y2 Z18
N10 G1 Y-0.3
N11 G22 N=2431
N12 G90
N13 G0 X27 Y2 Z18
N14 G1 Y-0.3
N15 G22 N=2432
N16 G90
N17 G0 X46 Y2 Z18
N18 G1 Y-0.3
N19 G22 N=2433
N20 G90
N21 G0 X65 Y2 Z18
N22 G1 Y-0.3
N23 G22 N=2434
N24 G90
N25 G0 X84 Y2 Z8
N26 G1 Y-0.3
N27 G22 N=2435
N28 G90
N29 G0 X103 Y2 Z8
N30 G1 Y-0.3
N31 G22 N=2436
N32 G90
N33 G0 X122 Y2 Z8
N34 G1 Y-0.3
N35 G22 N=2437
N36 G90
N37 G0 X141 Y2 Z8
N38 G1 Y-0.3
N39 G22 N=2438
N40 G1 Y50
N41 M9
N42 T0 M6
N43 M30

—

%MM2431
N2431
N1 G91
N2 G14 J17 N1=3 N2=8
N3 M8
N4 F3509 S5848
N5 G1 X10
N6 G1 Y4
N7 G0 X-10 Z-0.6
N8 G1 Y-4
N9 G1 Y4
N10 G0 X0 Z29
N11 M0
N12 G1 Y-4.1
N13 G14 J17 N1=14 N2=19
N14 M8
N15 F3039 S5064
N16 G1 X10
N17 G1 Y4
N18 G0 X-10 Z-0.6
N19 G1 Y-4
N20 G1 Y4
N21 G0 X0 Z29
N22 M0
N23 G1 Y-4.2
N24 G14 J17 N1=25 N2=30
N25 M8
N26 F2481 S4135
N27 G1 X10
N28 G1 Y4
N29 G0 X-10 Z-0.6
N30 G1 Y-4
N31 G1 Y4
N32 G0 X0 Z29
N33 M0
N34 G1 Y-4
N35 G14 J25 N1=36 N2=41
N36 M8
N37 F2481 S4135
N38 G1 X10
N39 G1 Y4
N40 G0 X-10 Z-0.4
N41 G1 Y-4
N42 G1 Y4
N43 M0

—

%MM2432
N2432
N1 G91
N2 G14 J50 N1=3 N2=8
N3 M8
N4 F3509 S5848
N5 G1 X10
N6 G1 Y4
N7 G0 X-10 Z-0.2
N8 G1 Y-4
N9 G1 Y4
N10 G0 X0 Z29
N11 M0
N12 G1 Y-4.1
N13 G14 J50 N1=14 N2=19
N14 M8
N15 F3039 S5064
N16 G1 X10
N17 G1 Y4
N18 G0 X-10 Z-0.2
N19 G1 Y-4
N20 G1 Y4
N21 G0 X0 Z29
N22 M0
N23 G1 Y-4.2
N24 G14 J50 N1=25 N2=30
N25 M8
N26 F2481 S4135
N27 G1 X10
N28 G1 Y4
N29 G0 X-10 Z-0.2
N30 G1 Y-4
N31 G1 Y4.3
N32 G0 X0 Z29
N33 M0
N34 G1 Y-4
N35 G14 J25 N1=36 N2=41
N36 M8
N37 F3509 S5848
N38 G1 X10
N39 G1 Y4
N40 G0 X-10 Z-0.4
N41 G1 Y-4
N42 G1 Y4
N43 G0 X0 Z29
N44 M0
N45 G1 Y-4.2
N46 G14 J25 N1=47 N2=52
N47 M8
N48 F3039 S5064
N49 G1 X10
N50 G1 Y4
N51 G0 X-10 Z-0.4
N52 G1 Y-4
N53 G1 Y4
N54 M0
—

%MM2433
N2433
N1 G91
N2 G14 J17 N1=3 N2=8
N3 M8
N4 F1754 S5848
N5 G1 X10
N6 G1 Y4
N7 G0 X-10 Z-0.6
N8 G1 Y-4
N9 G1 Y4
N10 G0 X0 Z29
N11 M0
N12 G1 Y-4.1
N13 G14 J17 N1=14 N2=19
N14 M8
N15 F1520 S5064
N16 G1 X10
N17 G1 Y4
N18 G0 X-10 Z-0.6
N19 G1 Y-4
N20 G1 Y4
N21 G0 X0 Z29
N22 M0
N23 G1 Y-4.2
N24 G14 J17 N1=25 N2=30
N25 M8
N26 F1240 S4135
N27 G1 X10
N28 G1 Y4
N29 G0 X-10 Z-0.6
N30 G1 Y-4
N31 G1 Y4
N32 G0 X0 Z29
N33 M0
N34 G1 Y-4
N35 G14 J25 N1=36 N2=41
N36 M8
N37 F1240 S4135
N38 G1 X10
N39 G1 Y4
N40 G0 X-10 Z-0.4
N41 G1 Y-4
N42 G1 Y4
N43 M0

%MM2434
N2434
N1 G91
N2 G14 J50 N1=3 N2=8
N3 M8
N4 F1754 S5848
N5 G1 X10
N6 G1 Y4
N7 G0 X-10 Z-0.2
N8 G1 Y-4
N9 G1 Y4
N10 G0 X0 Z29
N11 M0
N12 G1 Y-4.1
N13 G14 J50 N1=14 N2=19
N14 M8
N15 F1520 S5064
N16 G1 X10
N17 G1 Y4
N18 G0 X-10 Z-0.2
N19 G1 Y-4
N20 G1 Y4
N21 G0 X0 Z29
N22 M0
N23 G1 Y-4.2
N24 G14 J50 N1=25 N2=30
N25 M8
N26 F1240 S4135
N27 G1 X10
N28 G1 Y4
N29 G0 X-10 Z-0.2
N30 G1 Y-4
N31 G1 Y4.3
N32 G0 X0 Z29
N33 M0
N34 G1 Y-4
N35 G14 J25 N1=36 N2=41
N36 M8
N37 F1754 S5848
N38 G1 X10
N39 G1 Y4
N40 G0 X-10 Z-0.4
N41 G1 Y-4
N42 G1 Y4
N43 G0 X0 Z29
N44 M0
N45 G1 Y-4.2
N46 G14 J25 N1=47 N2=52
N47 M8
N48 F1520 S5064
N49 G1 X10
N50 G1 Y4
N51 G0 X-10 Z-0.4
N52 G1 Y-4
N53 G1 Y4
N54 M0

%MM2435
N2435
N1 G91
N2 G14 J17 N1=3 N2=8
N3 M8
N4 F3509 S5848
N5 G1 X10
N6 G1 Y4
N7 G0 X-10 Z0.6
N8 G1 Y-4
N9 G1 Y4
N10 G0 X0 Z9
N11 M0
N12 G1 Y-4.1
N13 G14 J17 N1=14 N2=19
N14 M8
N15 F3039 S5064
N16 G1 X10
N17 G1 Y4
N18 G0 X-10 Z0.6
N19 G1 Y-4
N20 G1 Y4
N21 G0 X0 Z9
N22 M0
N23 G1 Y-4.2
N24 G14 J17 N1=25 N2=30
N25 M8
N26 F2480 S4135
N27 G1 X10
N28 G1 Y4
N29 G0 X-10 Z0.6
N30 G1 Y-4
N31 G1 Y4
N32 G0 X0 Z9
N33 M0
N34 G1 Y-4
N35 G14 J25 N1=36 N2=41
N36 M8
N37 F2480 S4135
N38 G1 X10
N39 G1 Y4
N40 G0 X-10 Z0.4
N41 G1 Y-4
N42 G1 Y4
N43 M0

%MM2436
N2436
N1 G91
N2 G14 J50 N1=3 N2=8
N3 M8
N4 F3509 S5848
N5 G1 X10
N6 G1 Y4
N7 G0 X-10 Z0.2
N8 G1 Y-4
N9 G1 Y4
N10 G0 X0 Z9
N11 M0
N12 G1 Y-4.1
N13 G14 J50 N1=14 N2=19
N14 M8
N15 F3039 S5064
N16 G1 X10
N17 G1 Y4
N18 G0 X-10 Z0.2
N19 G1 Y-4
N20 G1 Y4
N21 G0 X0 Z9
N22 M0
N23 G1 Y-4.2
N24 G14 J50 N1=25 N2=30
N25 M8
N26 F2480 S4135
N27 G1 X10
N28 G1 Y4
N29 G0 X-10 Z0.2
N30 G1 Y-4
N31 G1 Y4.3
N32 G0 X0 Z9
N33 M0
N34 G1 Y-4
N35 G14 J25 N1=36 N2=41
N36 M8
N37 F3509 S5848
N38 G1 X10
N39 G1 Y4
N40 G0 X-10 Z0.4
N41 G1 Y-4
N42 G1 Y4
N43 G0 X0 Z9
N44 M0
N45 G1 Y-4.2
N46 G14 J25 N1=47 N2=52
N47 M8
N48 F3039 S5064
N49 G1 X10
N50 G1 Y4
N51 G0 X-10 Z0.4
N52 G1 Y-4
N53 G1 Y4
N54 M0

%MM2437
N2437
N1 G91
N2 G14 J17 N1=3 N2=8
N3 M8
N4 F1754 S5848
N5 G1 X10
N6 G1 Y4
N7 G0 X-10 Z0.6
N8 G1 Y-4
N9 G1 Y4
N10 G0 X0 Z9
N11 M0
N12 G1 Y-4.1
N13 G14 J17 N1=14 N2=19
N14 M8
N15 F1520 S5064
N16 G1 X10
N17 G1 Y4
N18 G0 X-10 Z0.6
N19 G1 Y-4
N20 G1 Y4
N21 G0 X0 Z9
N22 M0
N23 G1 Y-4.2
N24 G14 J17 N1=25 N2=30
N25 M8
N26 F1240 S4135
N27 G1 X10
N28 G1 Y4
N29 G0 X-10 Z0.6
N30 G1 Y-4
N31 G1 Y4
N32 G0 X0 Z9
N33 M0
N34 G1 Y-4
N35 G14 J25 N1=36 N2=41
N36 M8
N37 F1240 S4135
N38 G1 X10
N39 G1 Y4
N40 G0 X-10 Z0.4
N41 G1 Y-4
N42 G1 Y4
N43 M0

%MM2438
N2438
N1 G91
N2 G14 J50 N1=3 N2=8
N3 M8
N4 F1754 S5848
N5 G1 X10
N6 G1 Y4
N7 G0 X-10 Z0.2
N8 G1 Y-4
N9 G1 Y4
N10 G0 X0 Z9
N11 M0
N12 G1 Y-4.1
N13 G14 J50 N1=14 N2=19
N14 M8
N15 F1520 S5064
N16 G1 X10
N17 G1 Y4
N18 G0 X-10 Z0.2
N19 G1 Y-4
N20 G1 Y4
N21 G0 X0 Z9
N22 M0
N23 G1 Y-4.2
N24 G14 J50 N1=25 N2=30
N25 M8
N26 F1240 S4135
N27 G1 X10
N28 G1 Y4
N29 G0 X-10 Z0.2
N30 G1 Y-4
N31 G1 Y4.3
N32 G0 X0 Z9
N33 M0
N34 G1 Y-4
N35 G14 J25 N1=36 N2=41
N36 M8
N37 F1754 S5848
N38 G1 X10
N39 G1 Y4
N40 G0 X-10 Z0.4
N41 G1 Y-4
N42 G1 Y4
N43 G0 X0 Z9
N44 M0
N45 G1 Y-4.2
N46 G14 J25 N1=47 N2=52
N47 M8
N48 F1520 S5064
N49 G1 X10
N50 G1 Y4
N51 G0 X-10 Z0.4
N52 G1 Y-4
N53 G1 Y4
N54 M0

Φωτογραφίες από την κατά την κατεργασία του υλικού



Φωτογραφίες από την ολοκλήρωση της κατεργασίας



Μετρολογικός έλεγχος τοπομορφίας και τραχύτητας των κατεργασιών

Για την καταγραφή και αξιολόγηση της τοπομορφίας και της τραχύτητας των επιφανειών κατεργασίας που προέκυψαν στα παραπάνω πειράματα χρησιμοποιήθηκε κατάλληλη συσκευή τρισδιάστατης σάρωσης με τη μεθοδολογία της συμβολομετρίας λευκού φωτός (White Light Interferometry).

Στις παρακάτω φωτογραφίες εικονίζεται η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε.

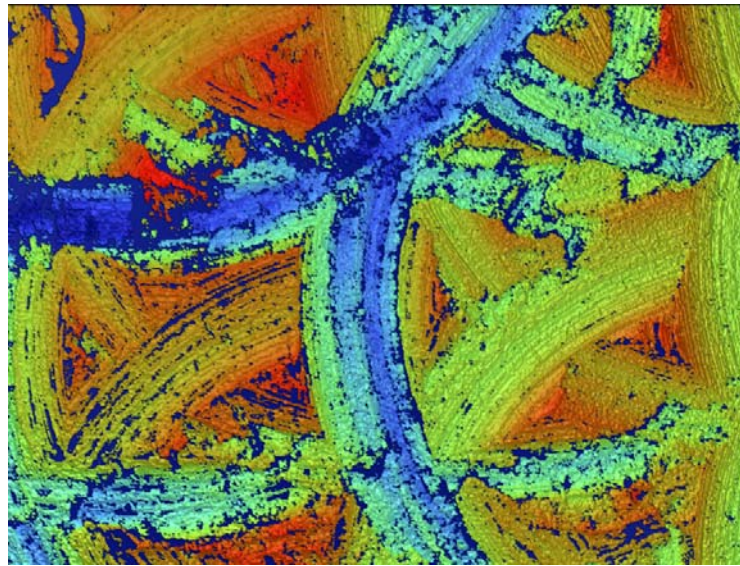
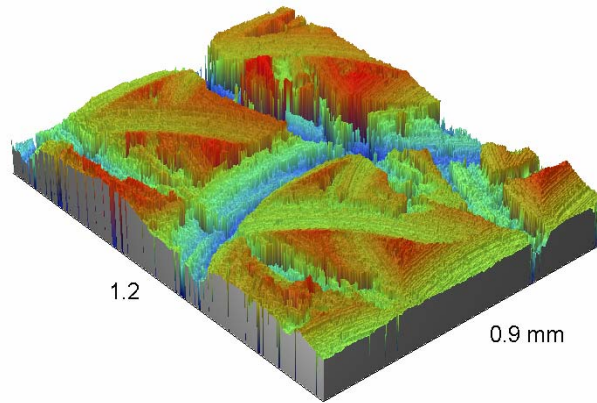




Αποτελέσματα τοπομορφίας και τραχύτητας

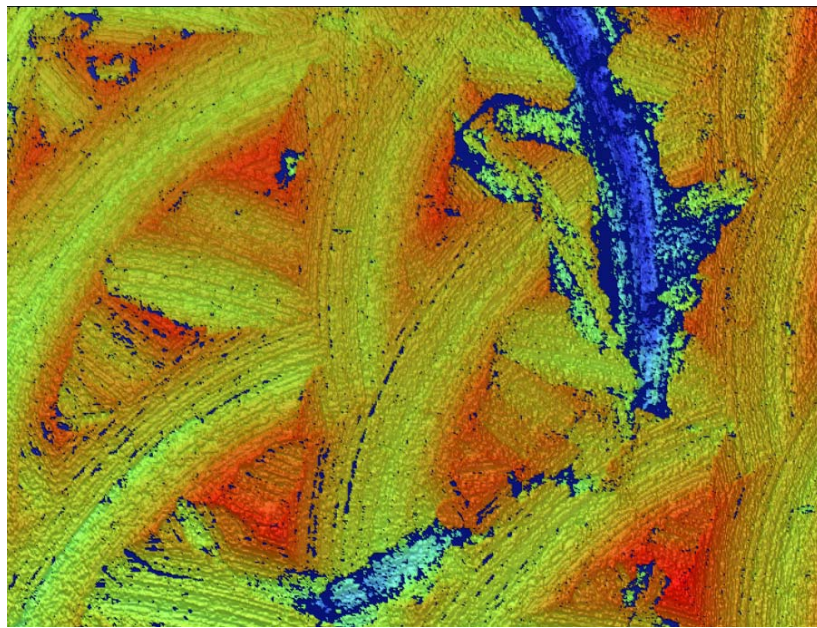
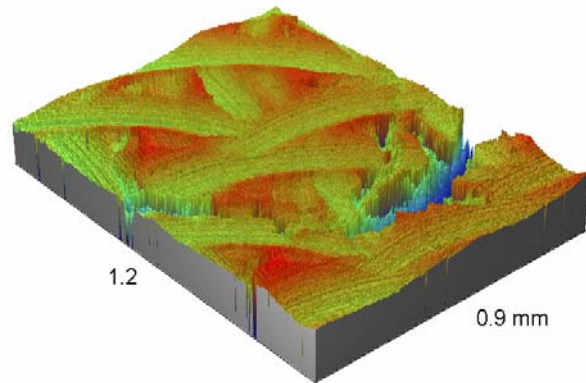
axy:06 az:03 fz:06 Αντίρροπο

Rz : 35.12 μm



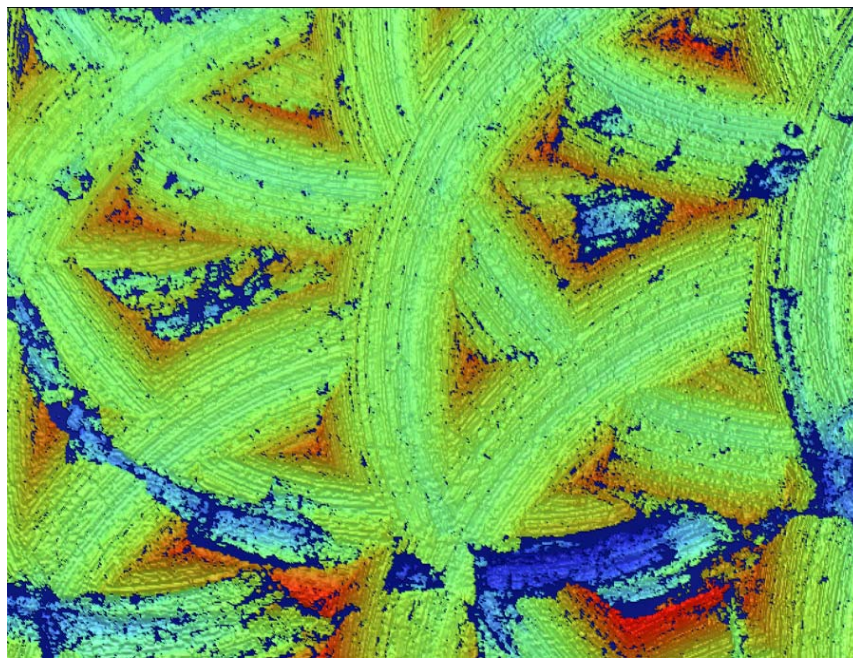
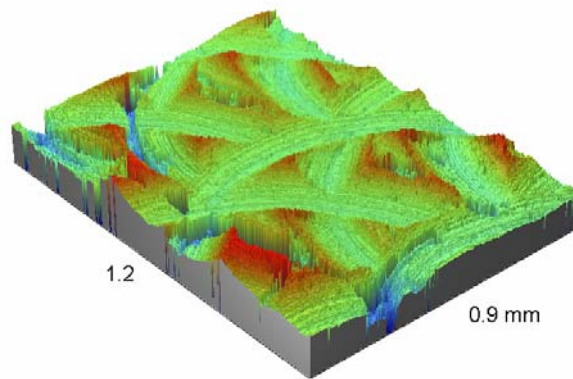
axy:06 az:04 fz:06 Αντίρροπο

Rz : 27.61 μm



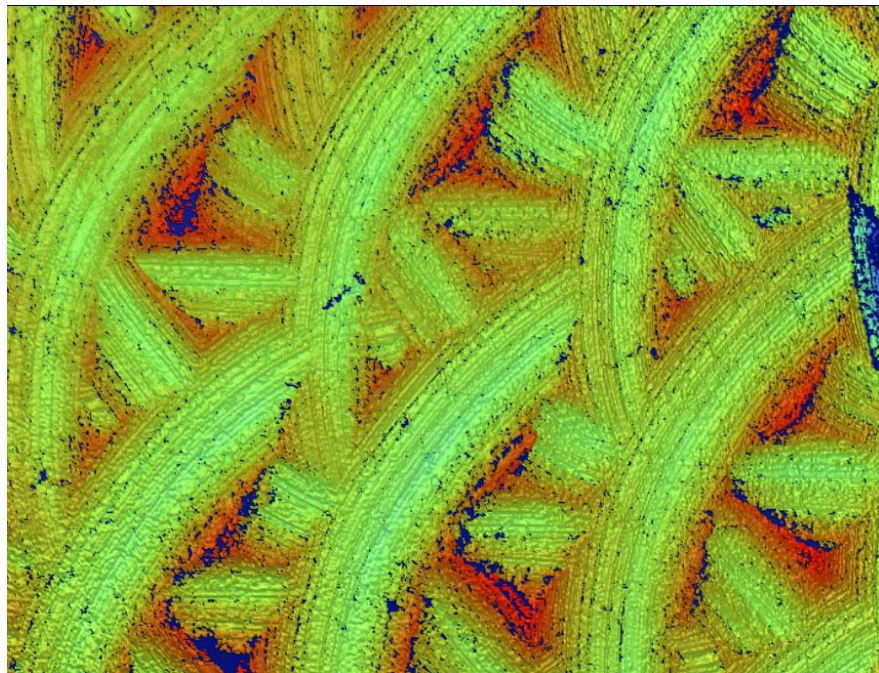
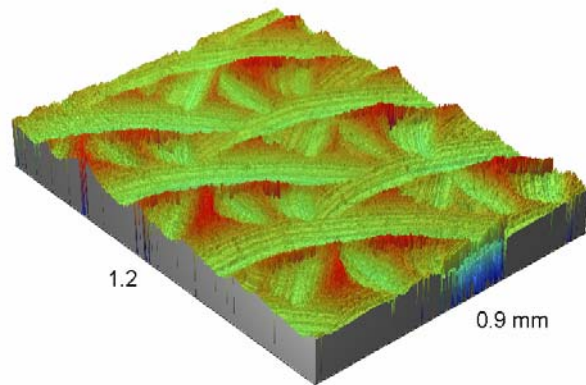
axy:06 az:06 fz:06 Αντίρροπο

Rz : 23.42 μm



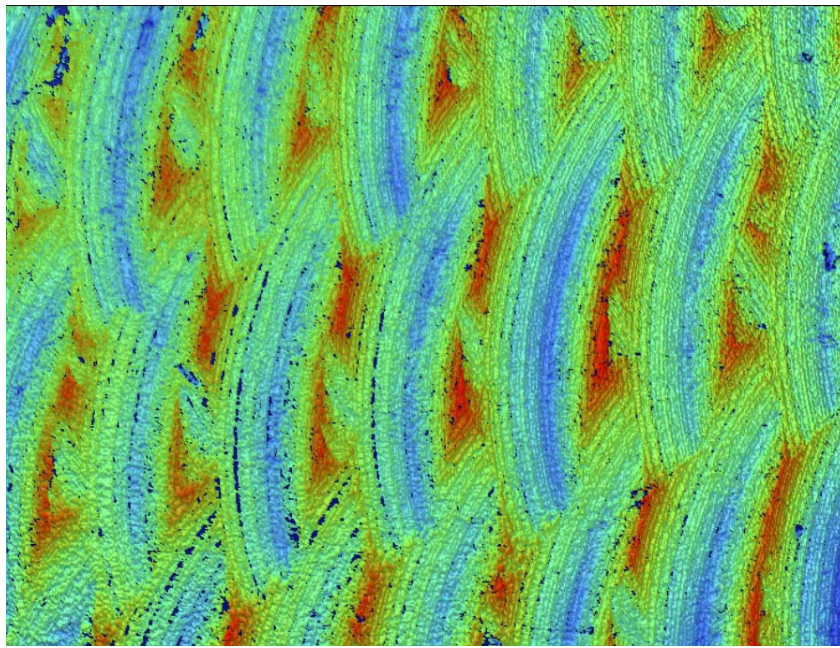
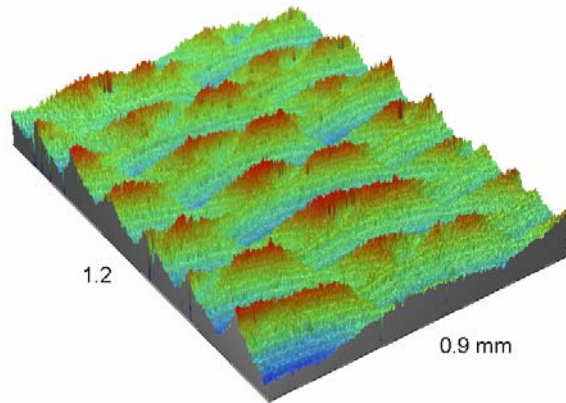
axy:04 az:06 fz:06 Αντίρροπο

Rz : 16.51 μm



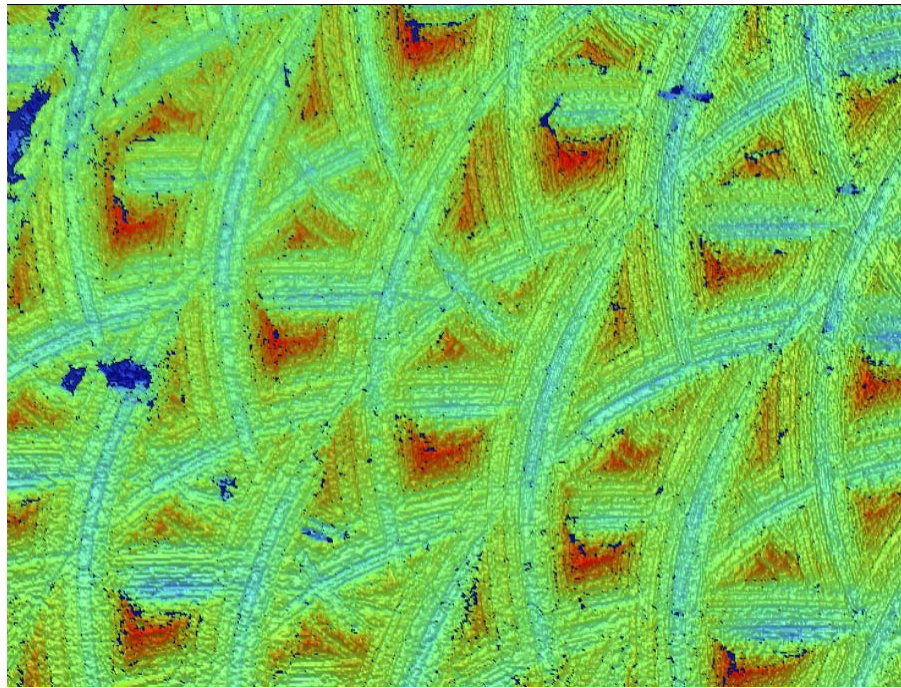
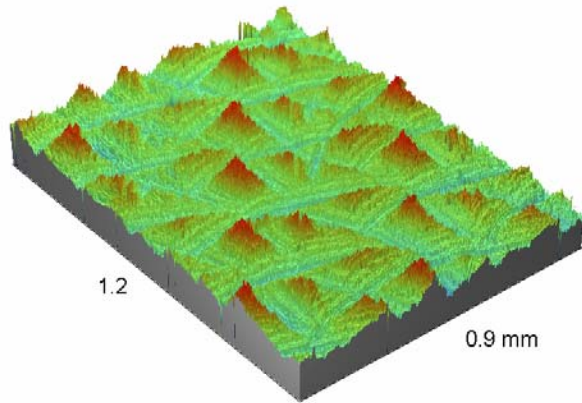
axy:02 az:03 fz:06 Αντίρροπο

Rz : 7.17 μm



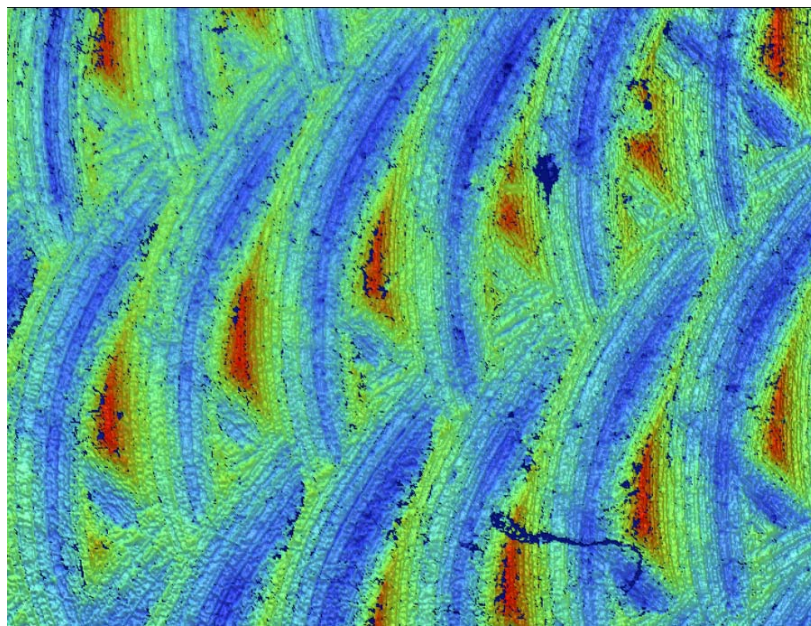
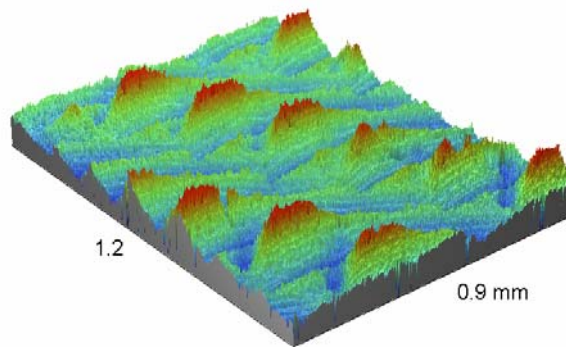
axy:02 az:04 fz:06 Αντίρροπο

Rz : 8.46 μm



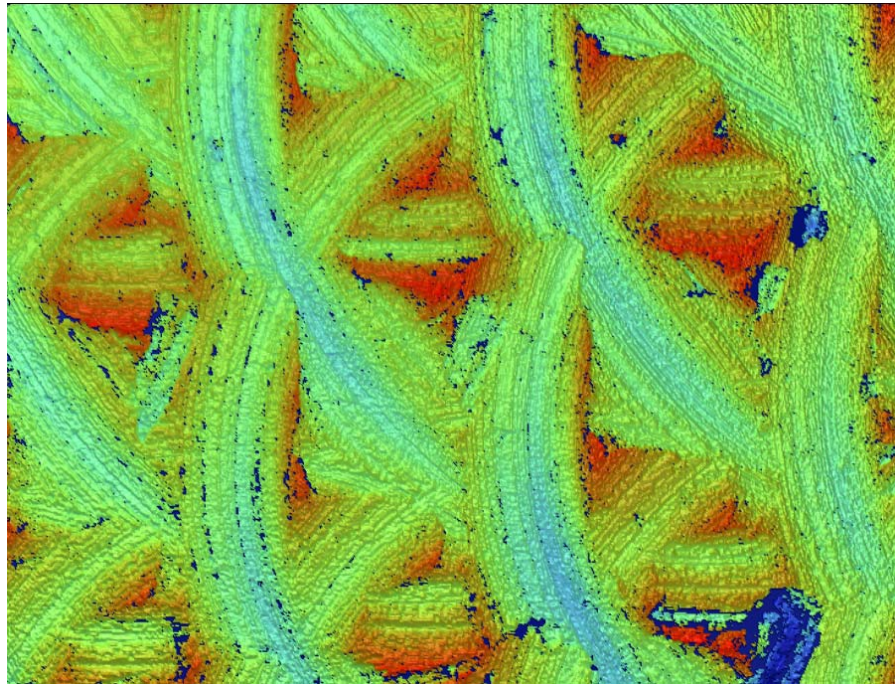
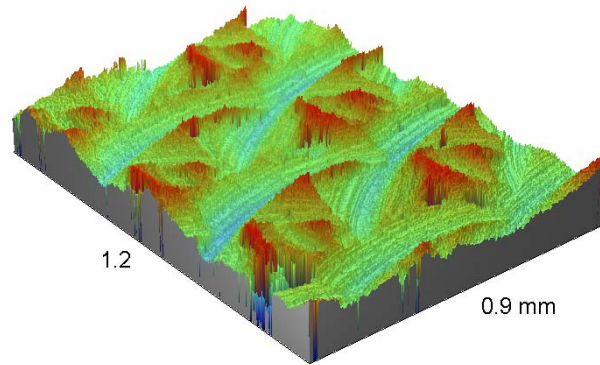
axy:02 az:06 fz:06 Αντίρροπο

Rz : 7.69 μm



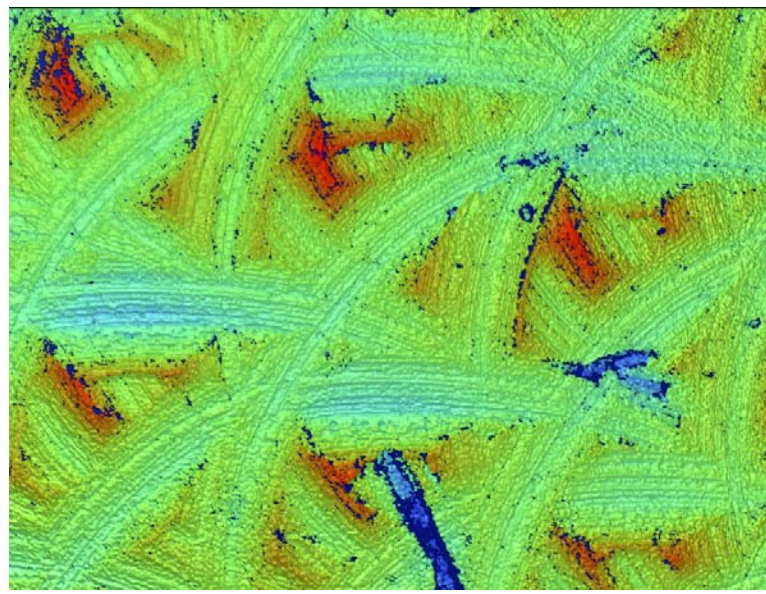
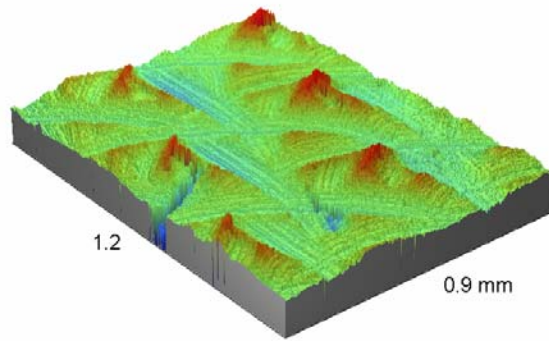
axy:04 az:03 fz:06 Αντίρροπο

Rz : 14.38 μm



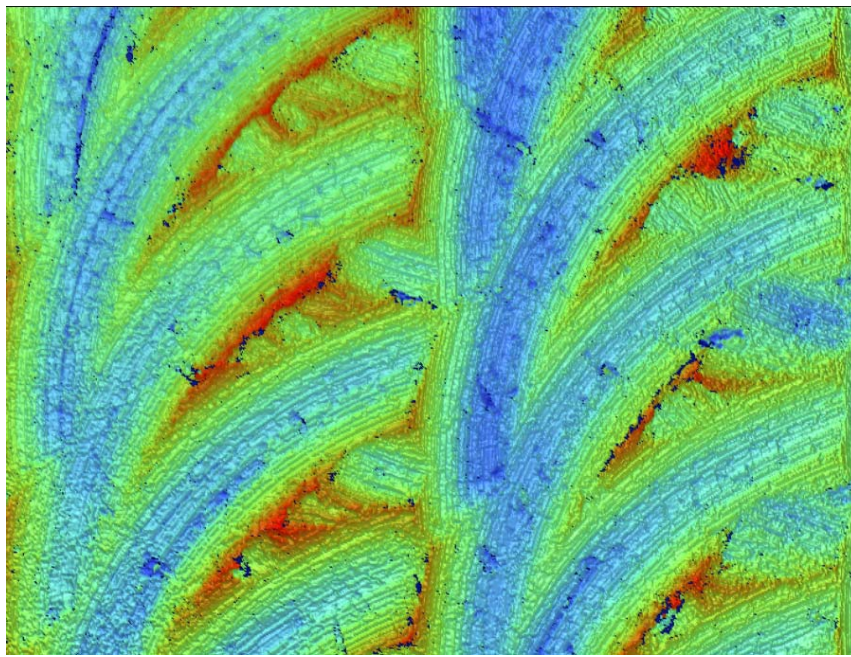
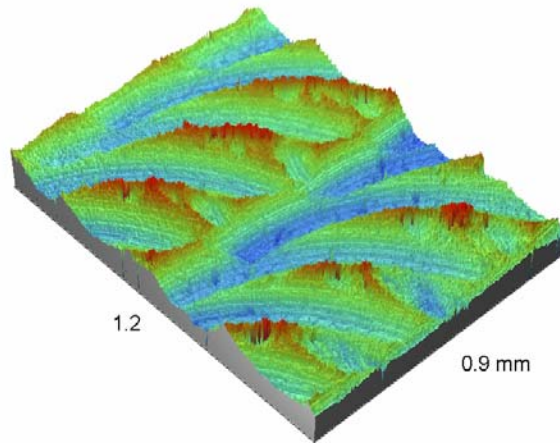
axy:04 az:04 fz:06 Αντίρροπο

Rz : 16.61 μm



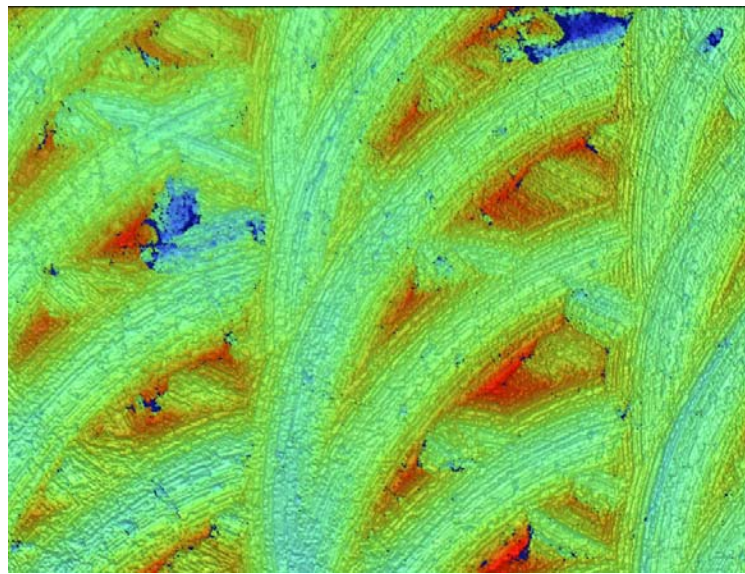
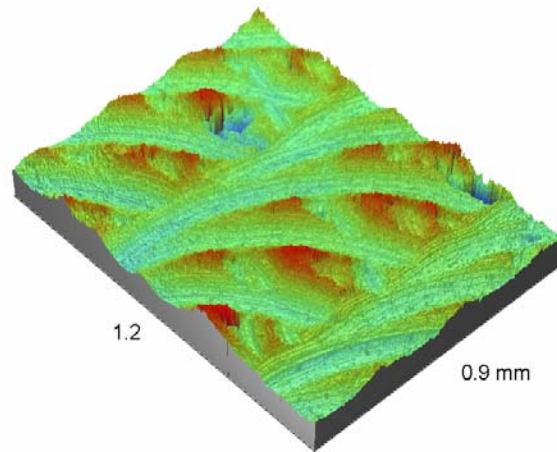
axy:06 az:03 fz:03 Αντίρροπο

Rz : 11.95 μm



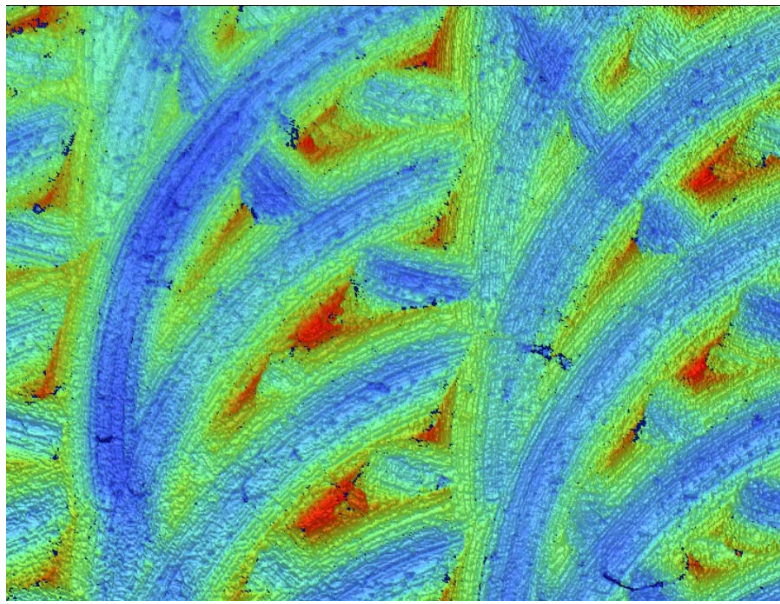
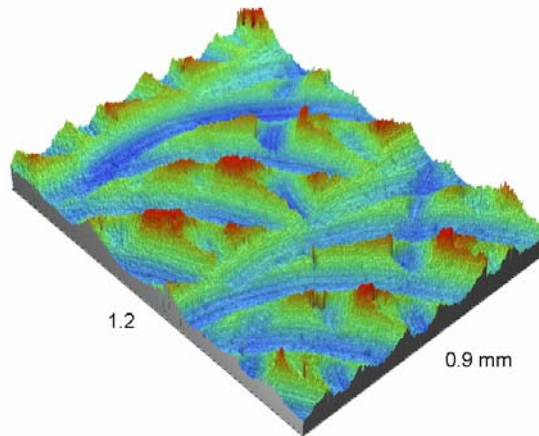
axy:06 az:04 fz:03 Αντίρροπο

Rz : 14.83 μm



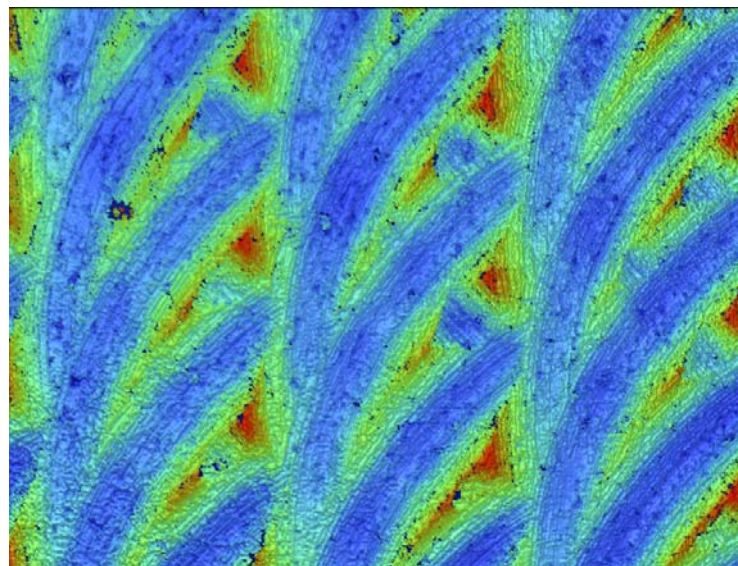
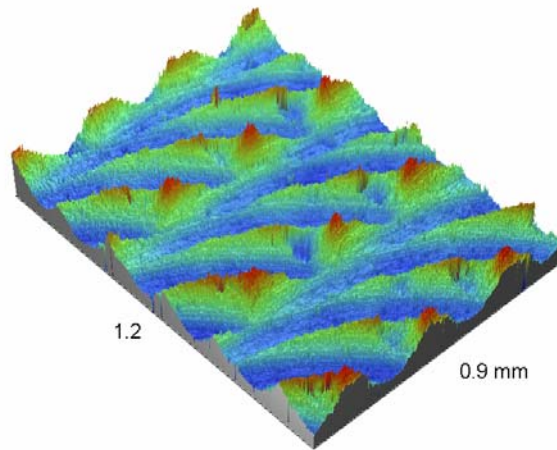
axy:06 az:06 fz:03 Αντίρροπο

Rz : 10.47 μm



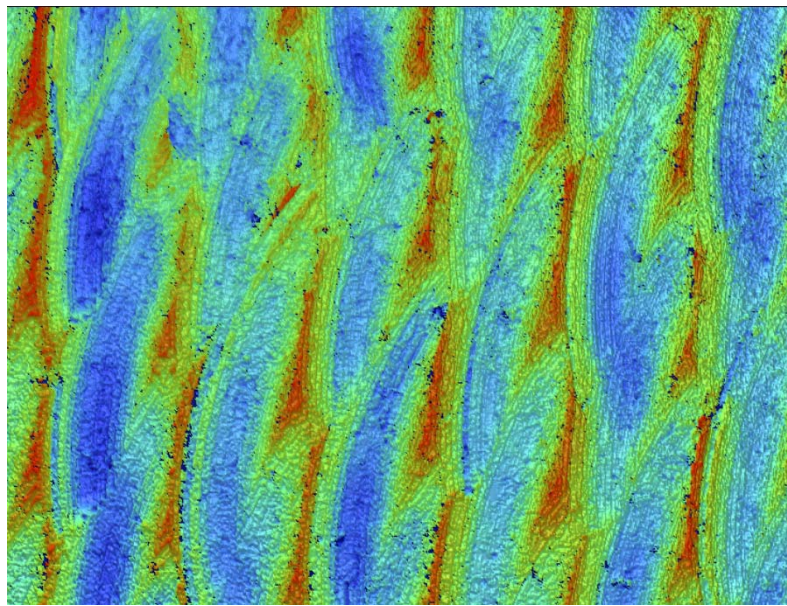
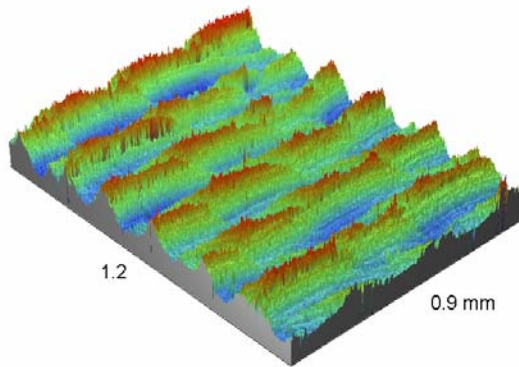
axy:04 az:06 fz:03 Αντίρροπο

Rz : 9.07 μm



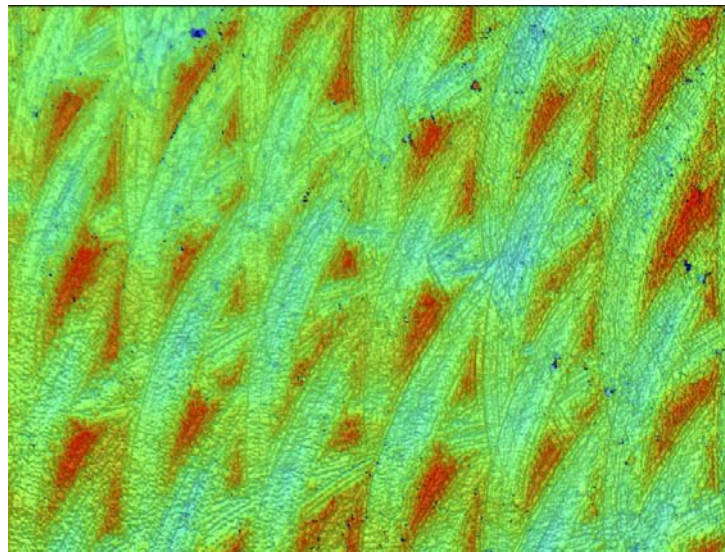
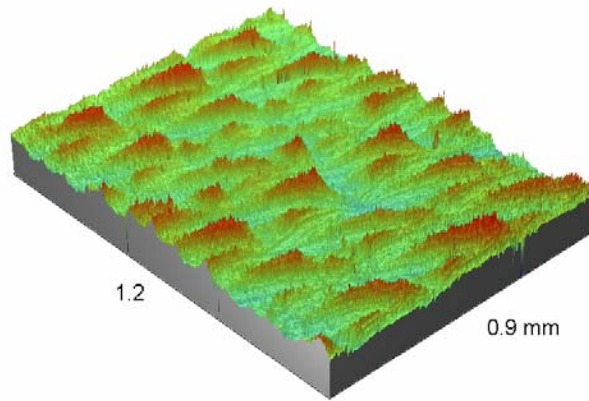
axy:02 az:03 fz:03 Αντίρροπο

Rz : 6.92 μm



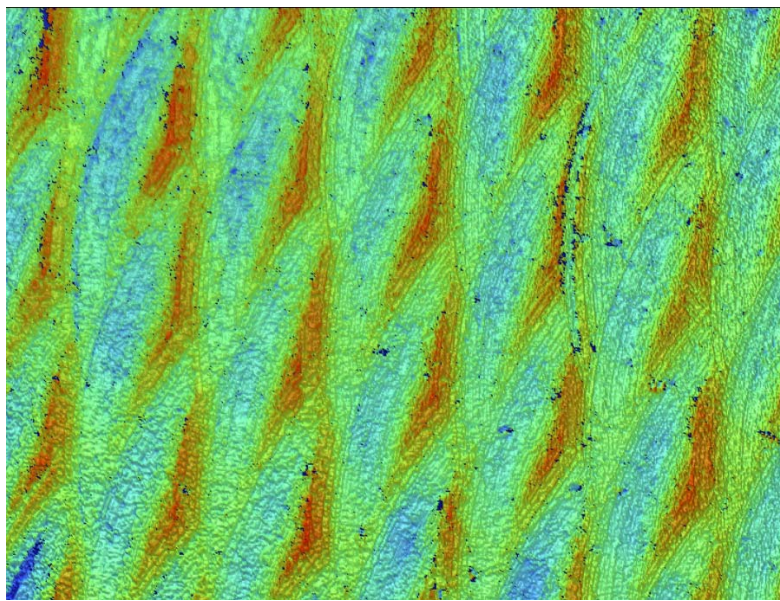
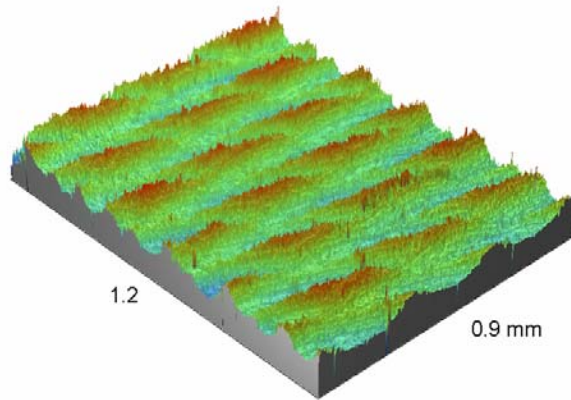
axy:02 az:04 fz:03 Αντίρροπο

Rz : 5.66 μm



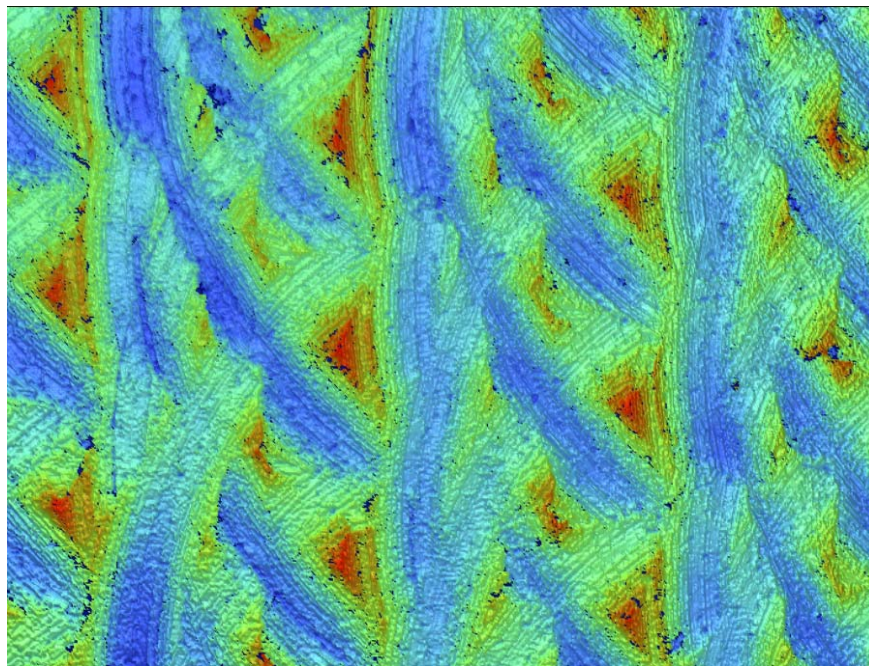
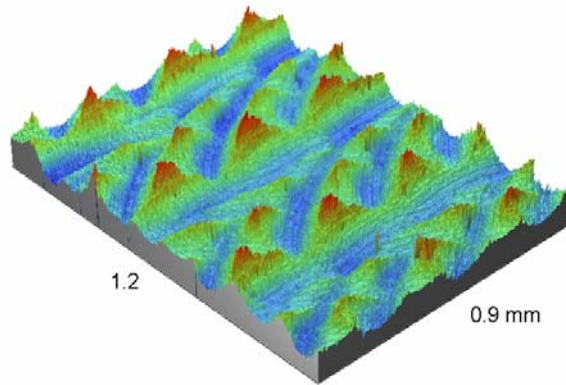
axy:02 az:06 fz:03 Αντίρροπο

Rz : 6.31 μm



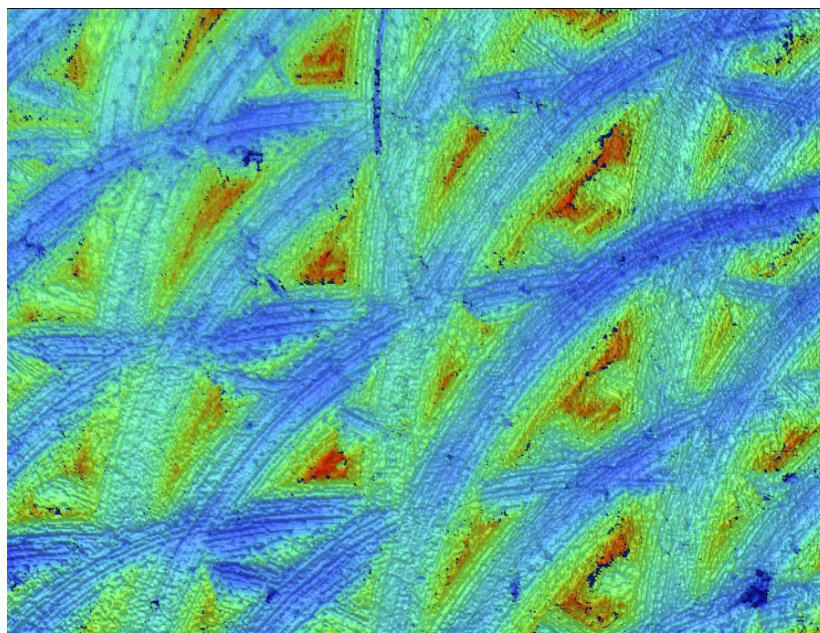
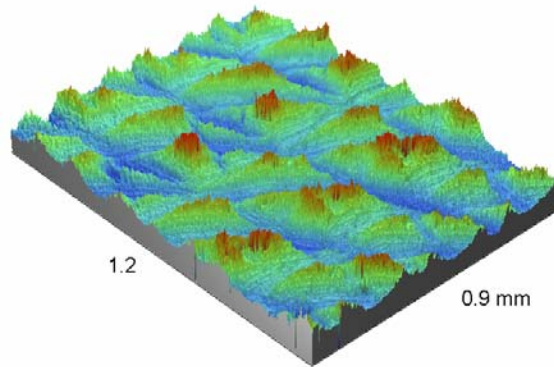
axy:04 az:03 fz:03 Αντίρροπο

Rz : 9.54 μm



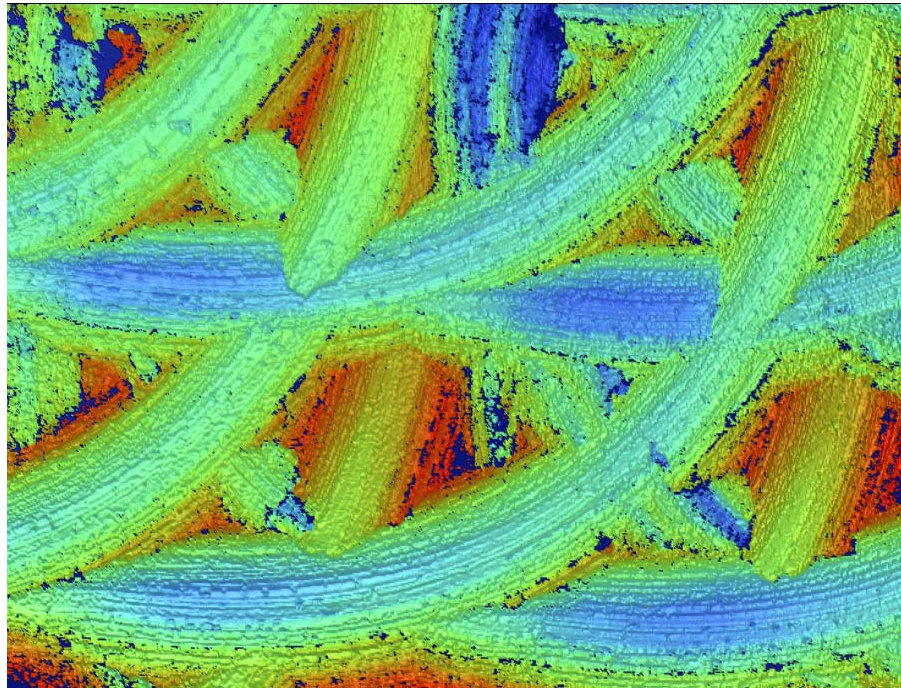
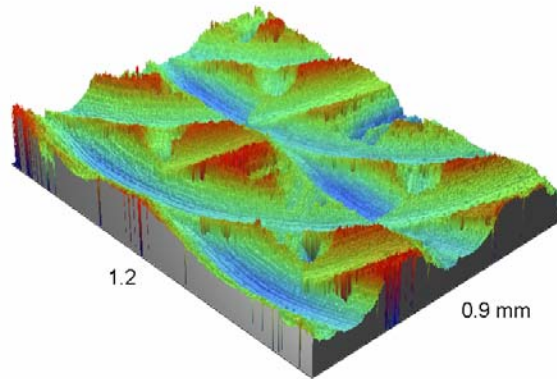
axy:04 az:04 fz:03 Αντίρροπο

Rz : 8.90 μm



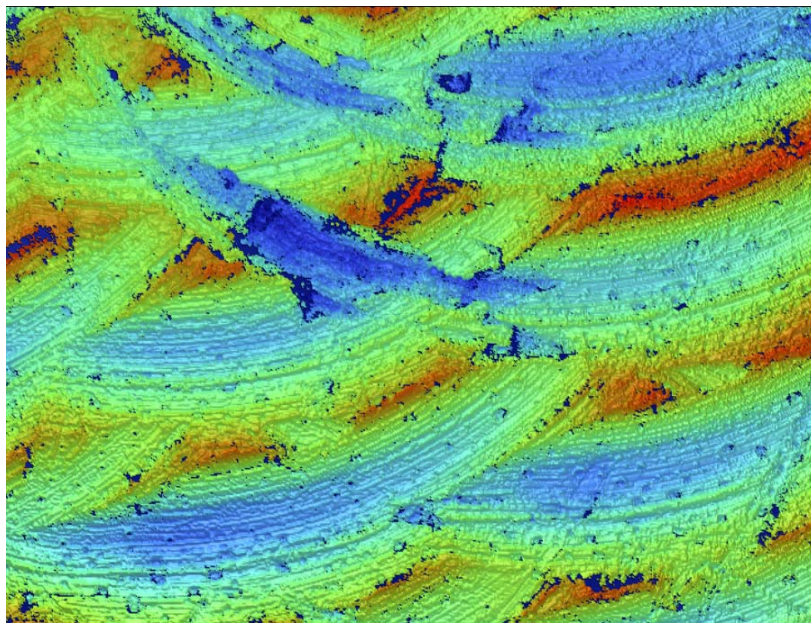
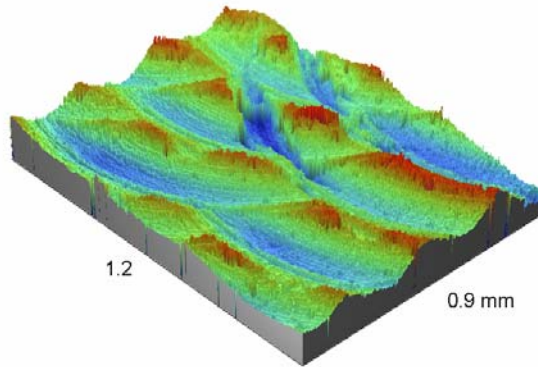
axy:06 az:03 fz:06 Ομόρροπο

Rz : 17.97 μm



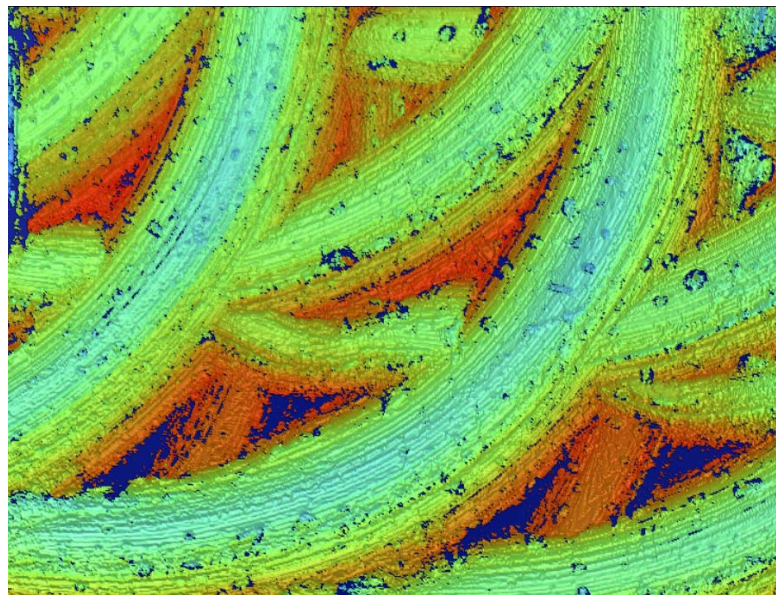
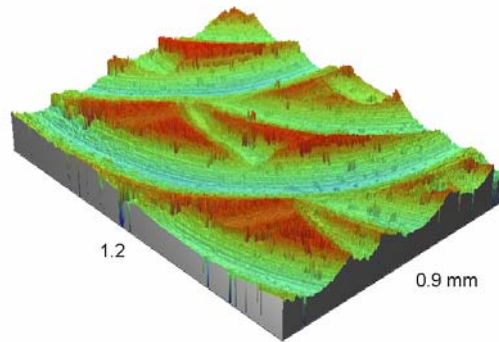
axy:06 az:04 fz:06 Ομόρροπο

Rz : 20.69 μm



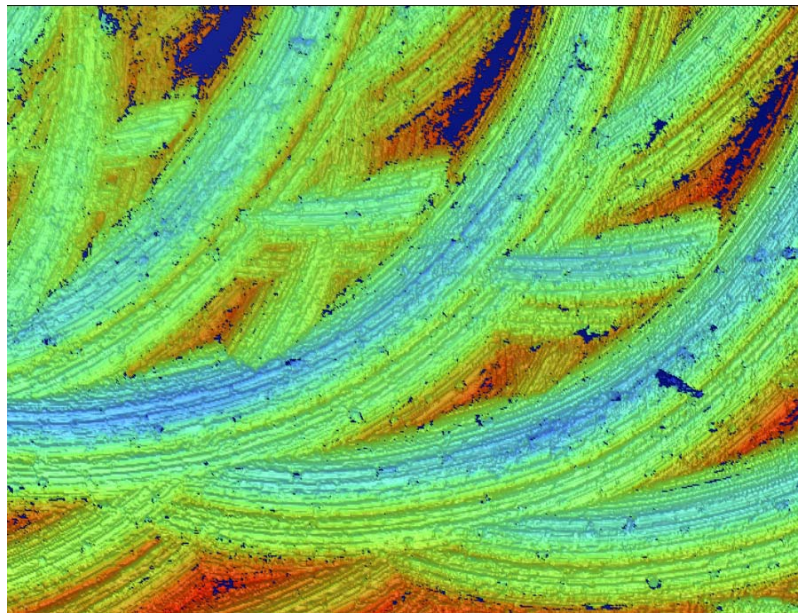
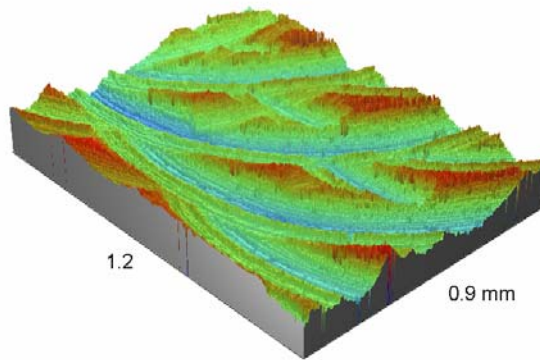
axy:06 az:06 fz:06 Ομόρροπο

Rz : 19.31 μm



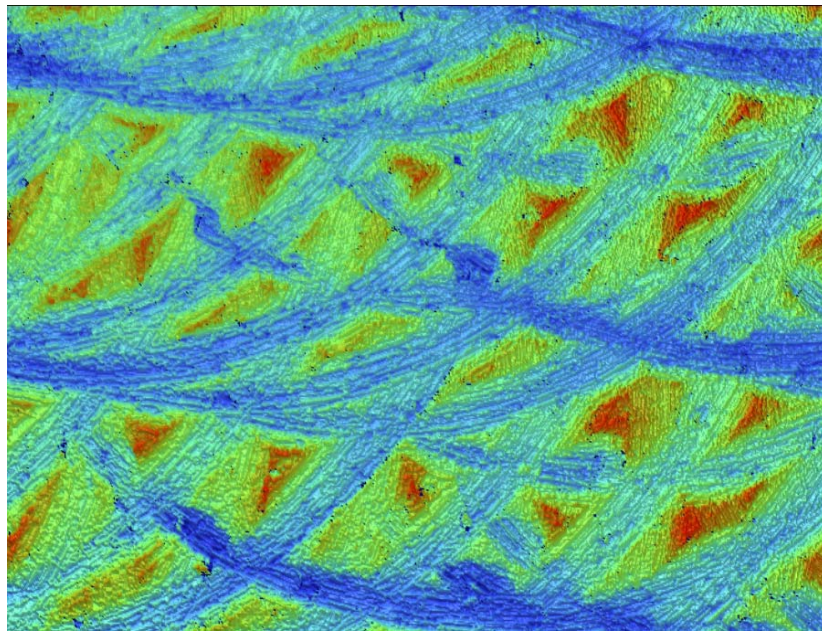
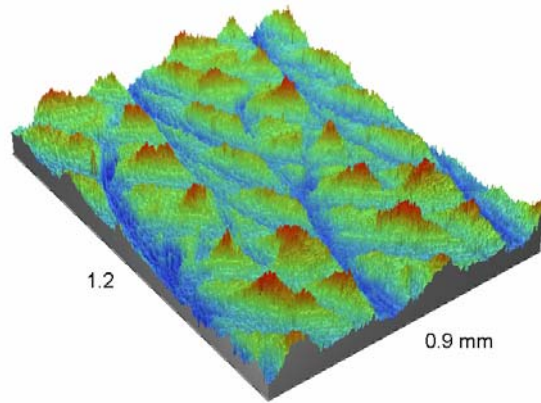
axy:04 az:06 fz:06 Ομόρροπο

Rz : 15.99 μm



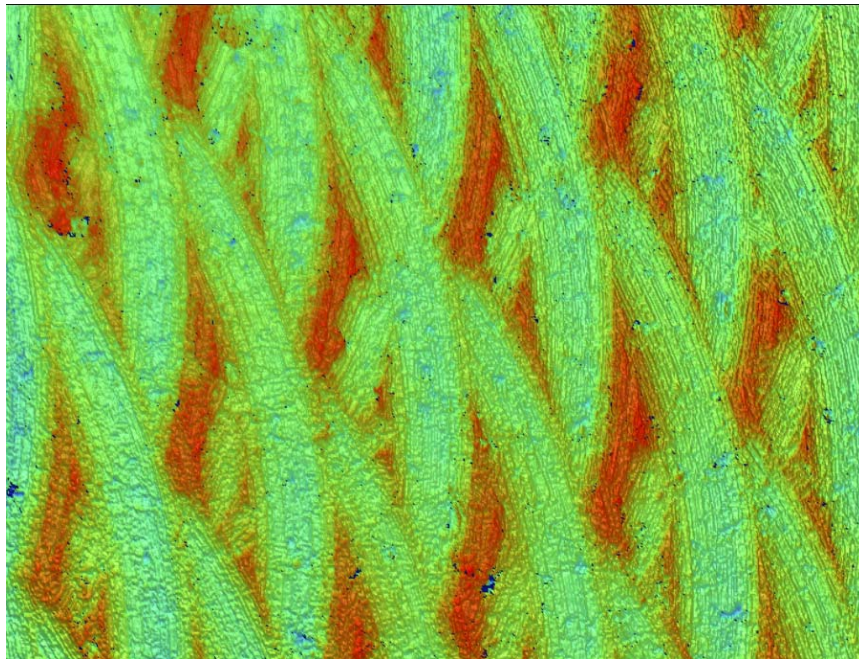
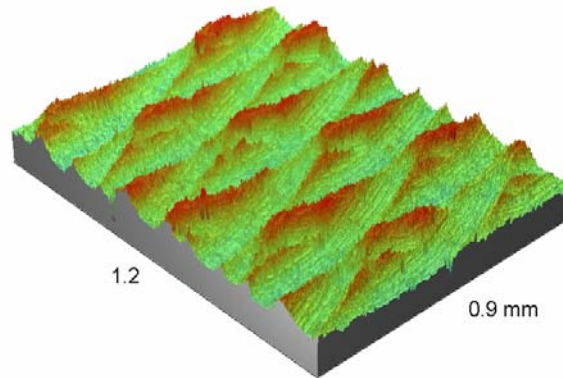
axy:02 az:03 fz:06 Ομόρροπο

Rz : 7.22 μm



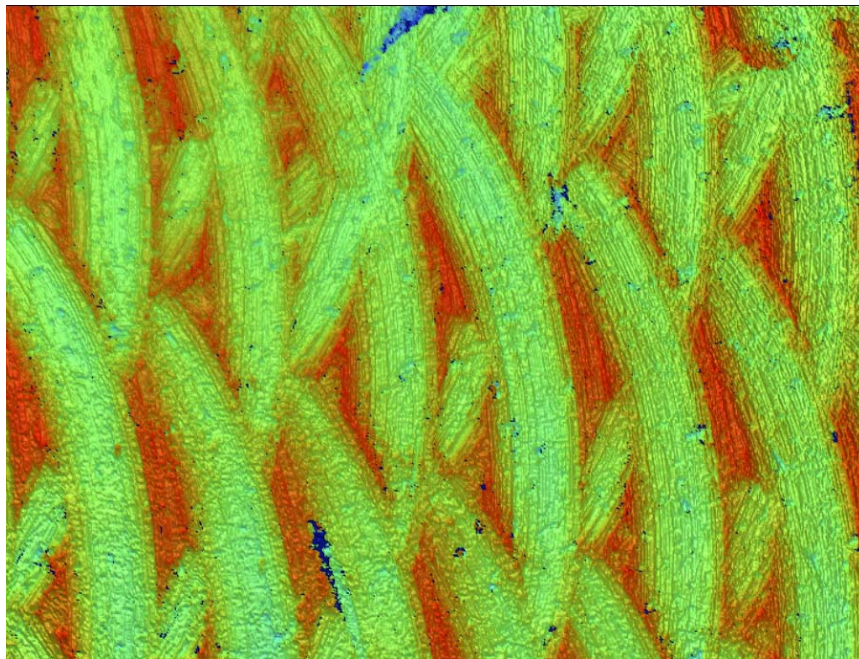
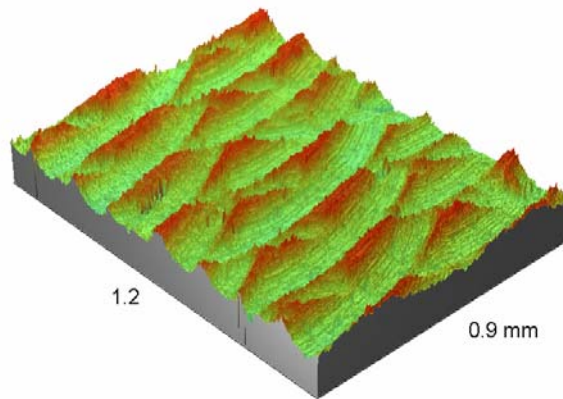
axy:02 az:04 fz:06 Ομόρροπο

Rz : 7.74 μm



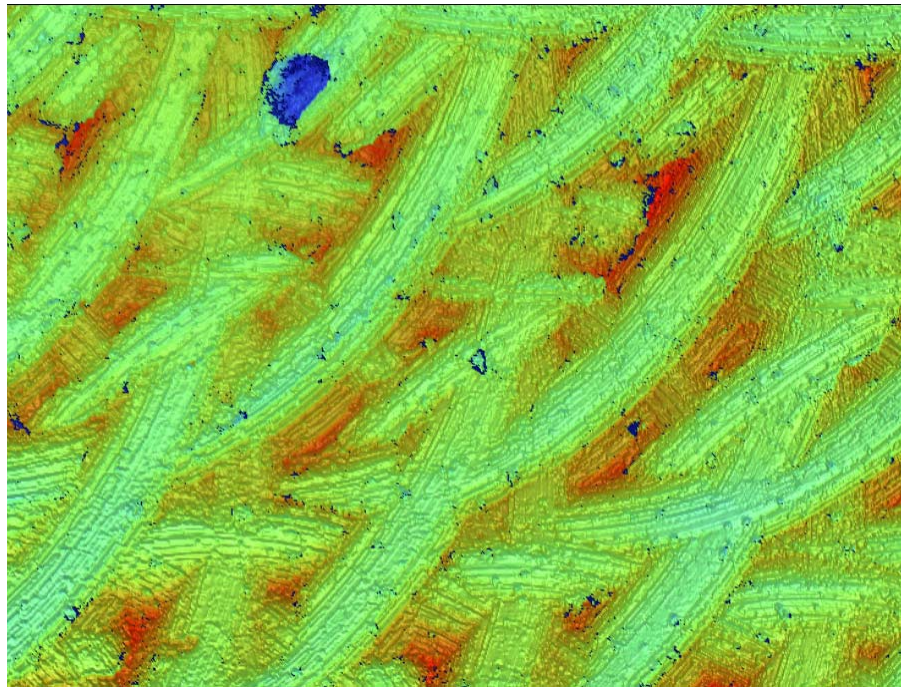
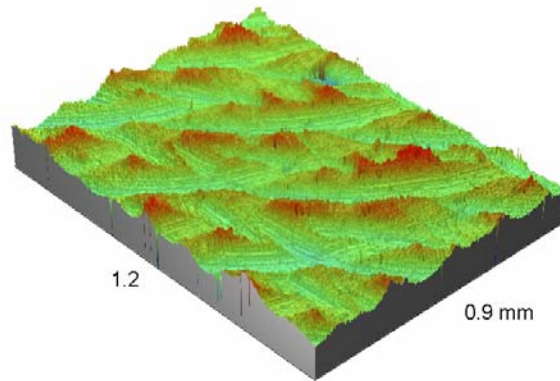
axy:02 az:06 fz:06 Ομόρροπο

Rz : 10.03 μm



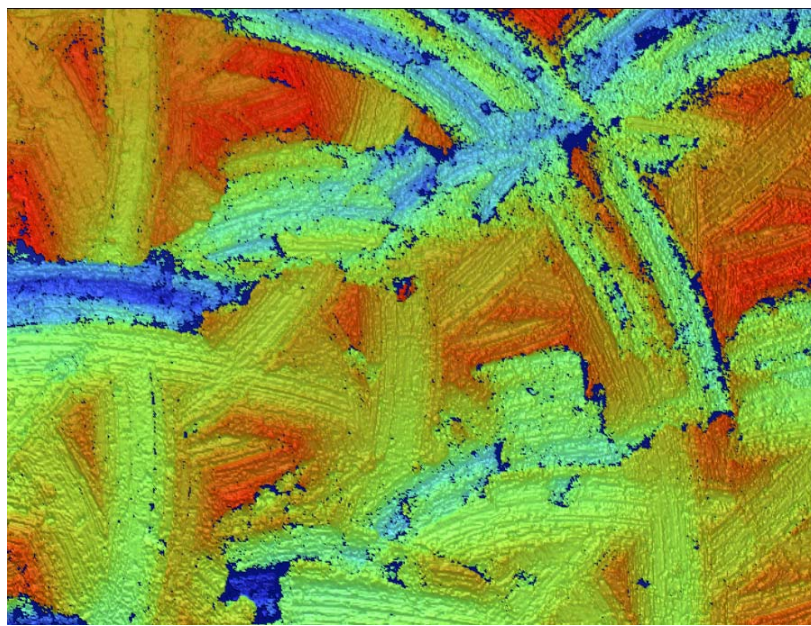
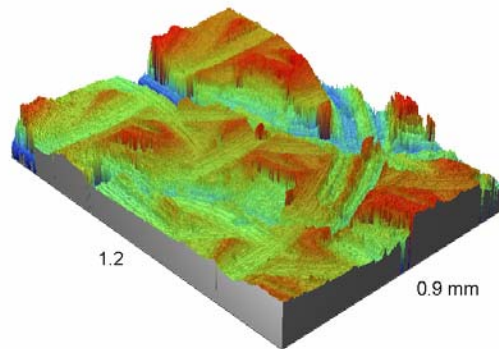
axy:04 az:03 fz:06 Ομόρροπο

Rz : 14.41 μm



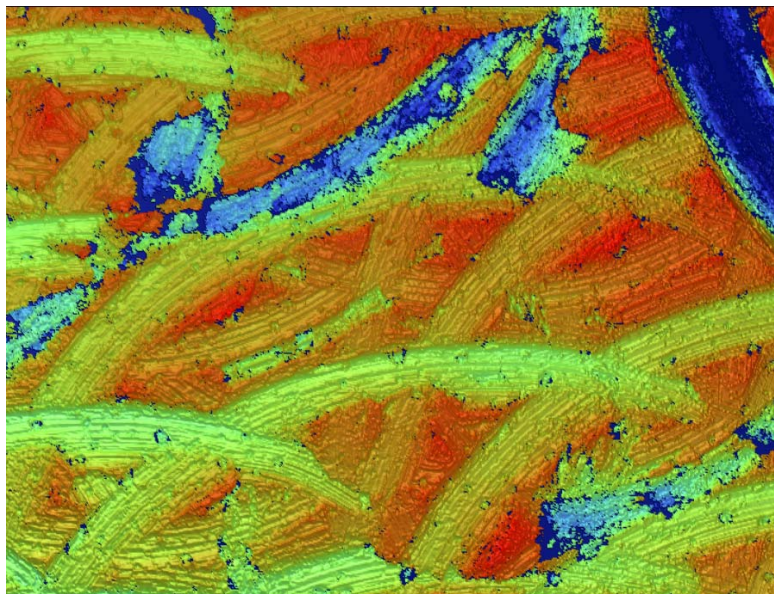
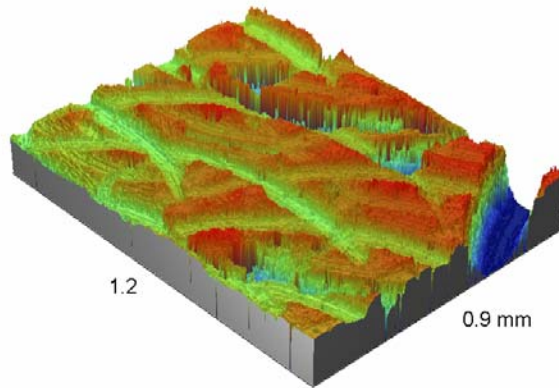
axy:04 az:04 fz:06 Ομόρροπο

Rz : 25.22 μm



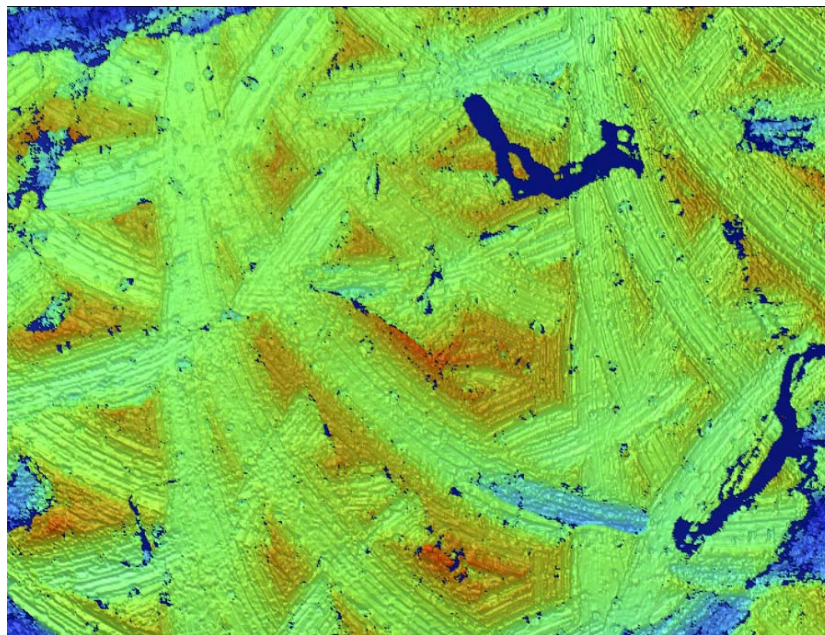
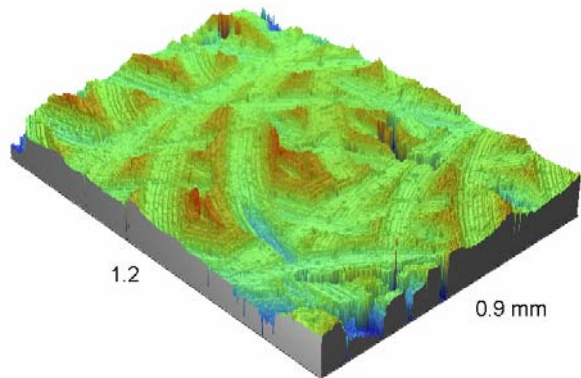
axy:06 az:03 fz:03 Ομόρροπο

Rz : 20.59 μm



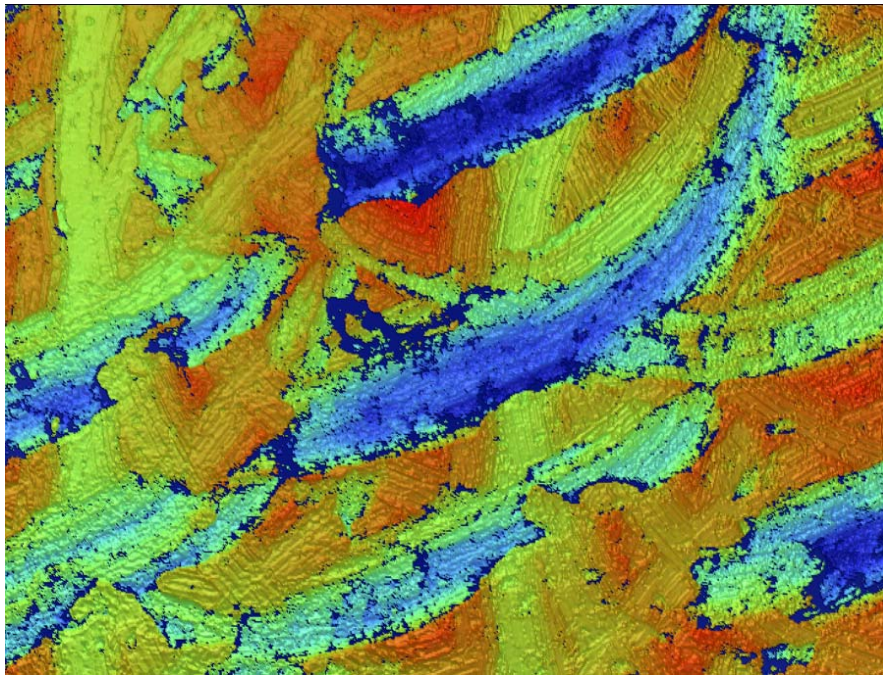
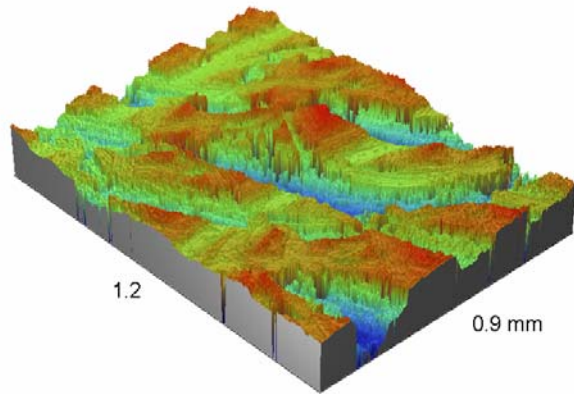
axy:06 az:04 fz:03 Ομόρροπο

Rz : 19.77 μm



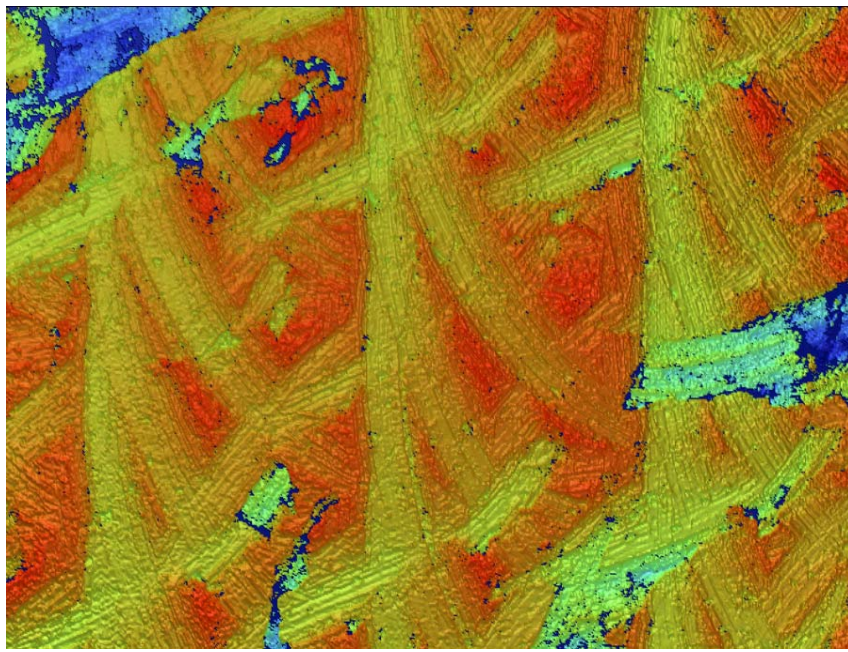
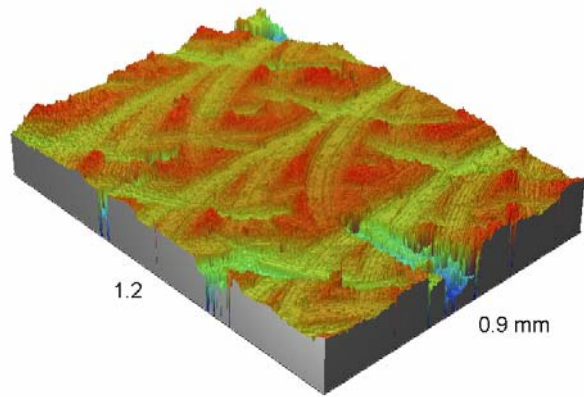
axy:06 az:06 fz:03 Ομόρροπο

Rz : 24.84 μm



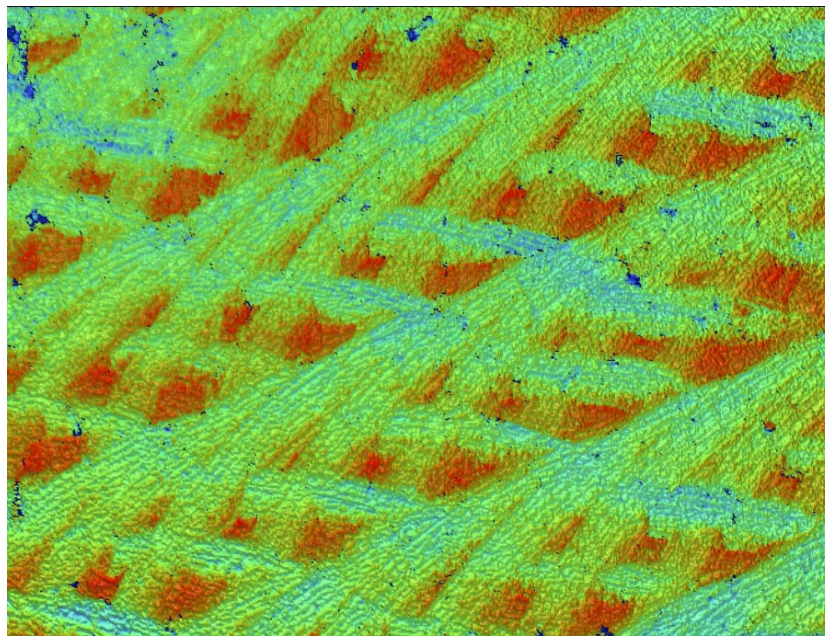
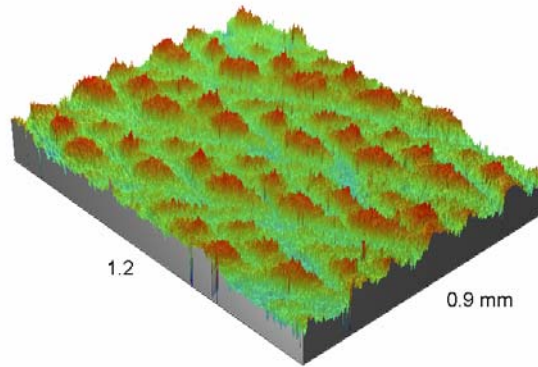
axy:04 az:06 fz:03 Ομόρροπο

Rz : 20.37 μm



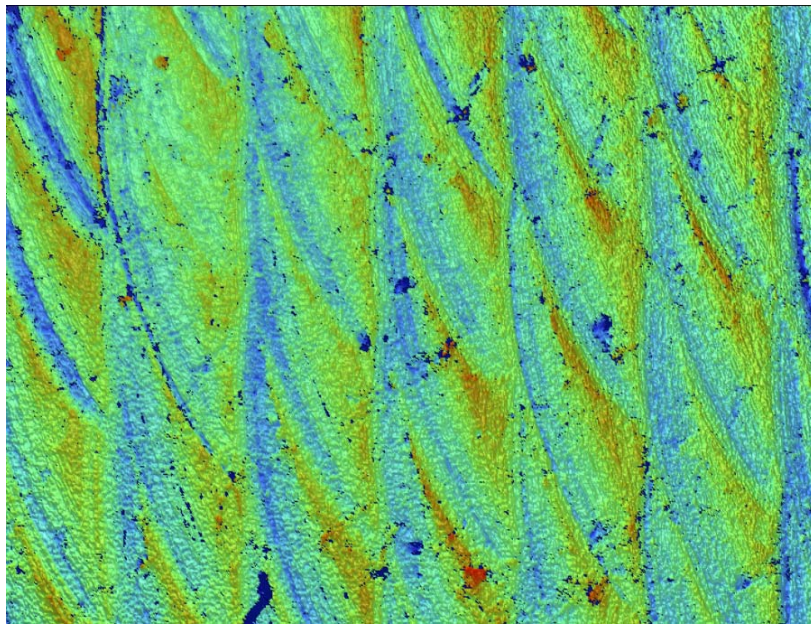
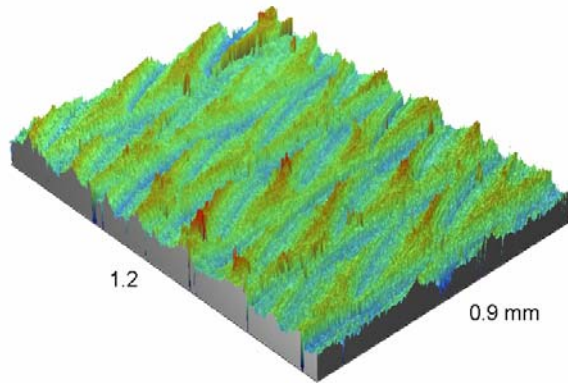
axy:02 az:03 fz:03 Ομόρροπο

Rz : 6.66 μm



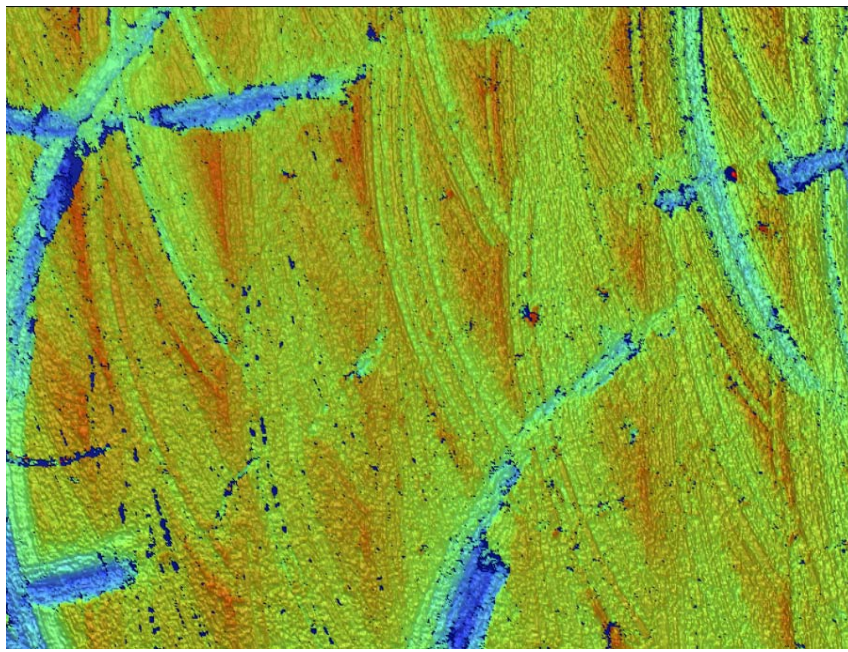
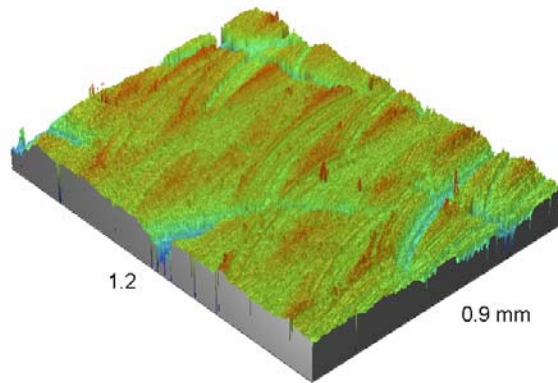
axy:02 az:04 fz:03 Ομόρροπο

Rz : 10.40 μm



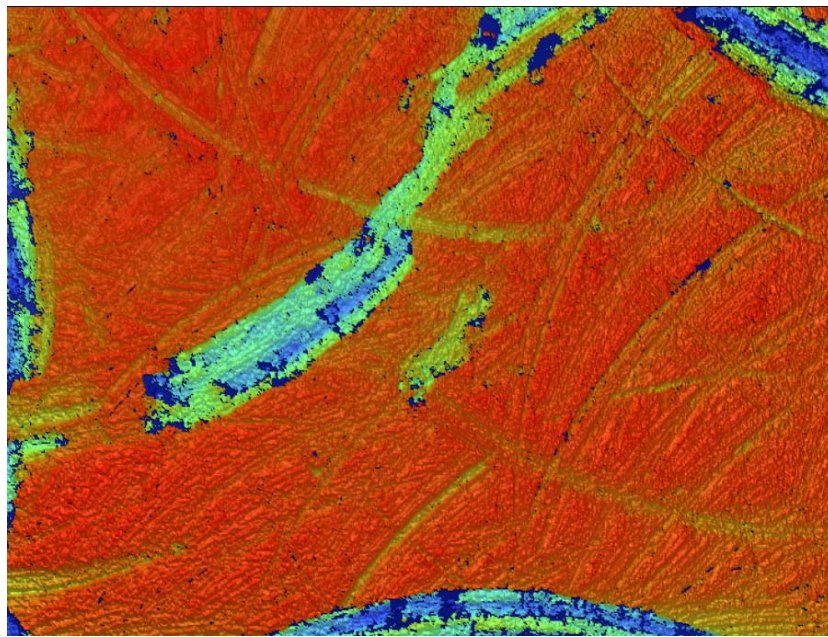
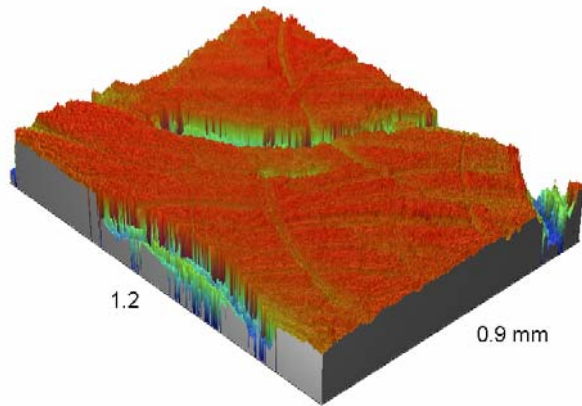
axy:02 az:06 fz:03 Ομόρροπο

Rz : 16.77 μm



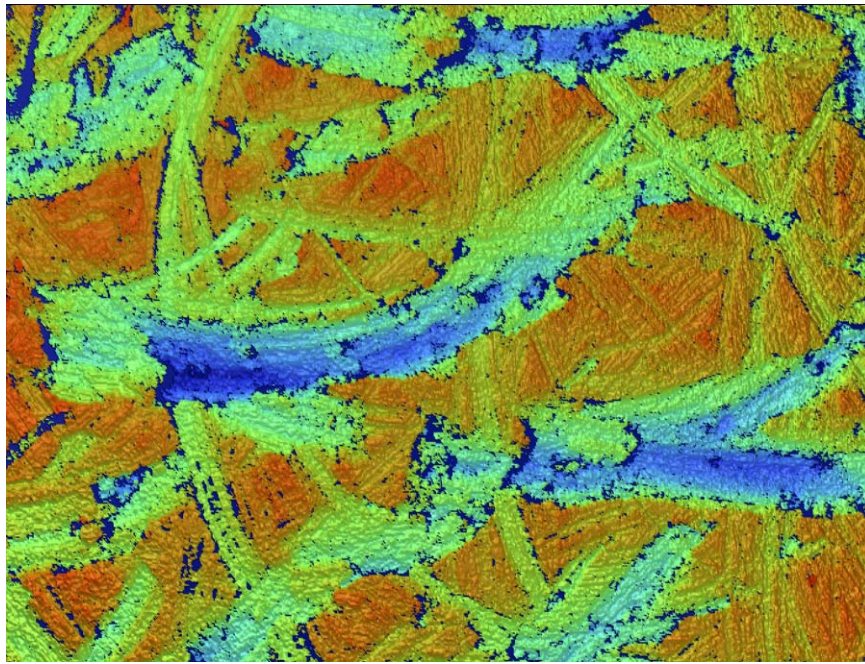
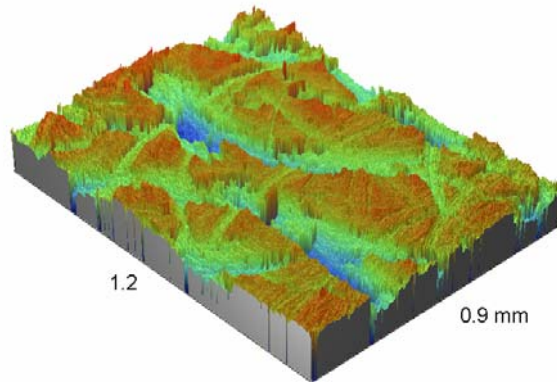
axy:04 az:03 fz:03 Ομόρροπο

Rz : 17.51 μm



axy:04 az:04 fz:03 Ομόρροπο

Rz : 23.22 μm



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των παραπάνω πειραματικών αποτελεσμάτων κατεργασιών φραιζαρίσματος αποπεράτωσης σε διαφορετικές τεχνολογικές παραμέτρους κοπής (f_z , a_z , a_{xy}) προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα που συνδέουν την επίδραση της κινηματικής κοπής στην ποιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας δηλαδή την τοπομορφία και την τραχύτητα αυτής.

Συγκεκριμένα:

1. Με αύξηση της πρόωσης του κοπτικού εργαλείου (f_z) από 0.3 σε 0.6mm/στρ. παρατηρούμε ότι σχηματίζονται αναλογικά λιγότερες τροχιές στην επιφάνεια του τεμαχίου με ταυτόχρονη αύξηση της επιφανειακής τραχύτητας R_z .
2. Η αύξηση του αξονικού βάθους κοπής (a_z) παρατηρούμε ότι δεν επηρεάζει σημαντικά την τραχύτητα της κατεργασμένης επιφάνειας στην περίπτωση του αντίρροπου φραιζαρίσματος, ενώ αντίθετα αυξάνει σημαντικά την τραχύτητα R_z στο ομόρροπο φραιζάρισμα.
3. Μείωση της ακτινικής μετατόπισης του κοπτικού εργαλείου (a_{xy}) βελτιώνει την ποιότητα της επιφάνειας με ελάτωση της τραχύτητας R_z .