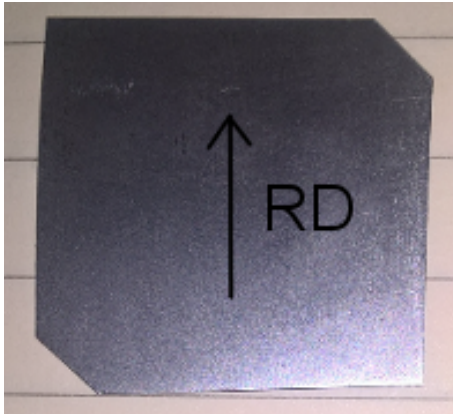


4.3.8 Έλασμα 16 (sheet 16 - κράμα Fe-Si)

Στο σημείο αυτό, χρησιμοποιήθηκε καινούριο δοκίμιο του κράματος Fe-Si (έλασμα 16, σχήμα 4.74). Το έλασμα 16 έχει διαστάσεις $(25.10 \times 26.15) \text{ mm}^2$. Το αντίστοιχο πάχος του μειώθηκε από 0.31 mm σε 0.15 mm, έπειτα από ψυχρή διέλαση.

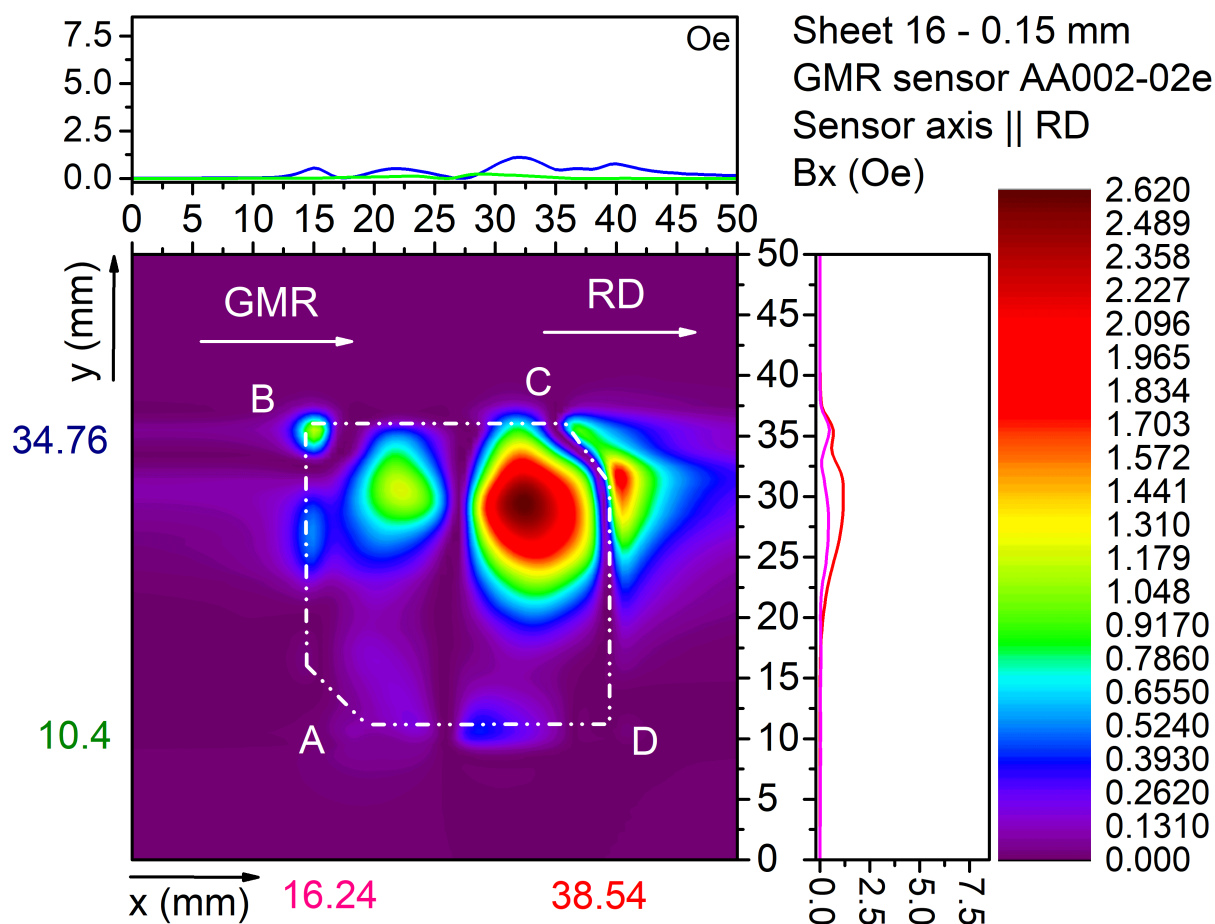


Σχήμα 4.74: Πάνω: Το έλασμα 16 (κράμα Fe-Si), πάχους 0.15 mm. Κάτω: Το έλασμα 16, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων με χρήση αισθητήρα GMR AA002-02e.

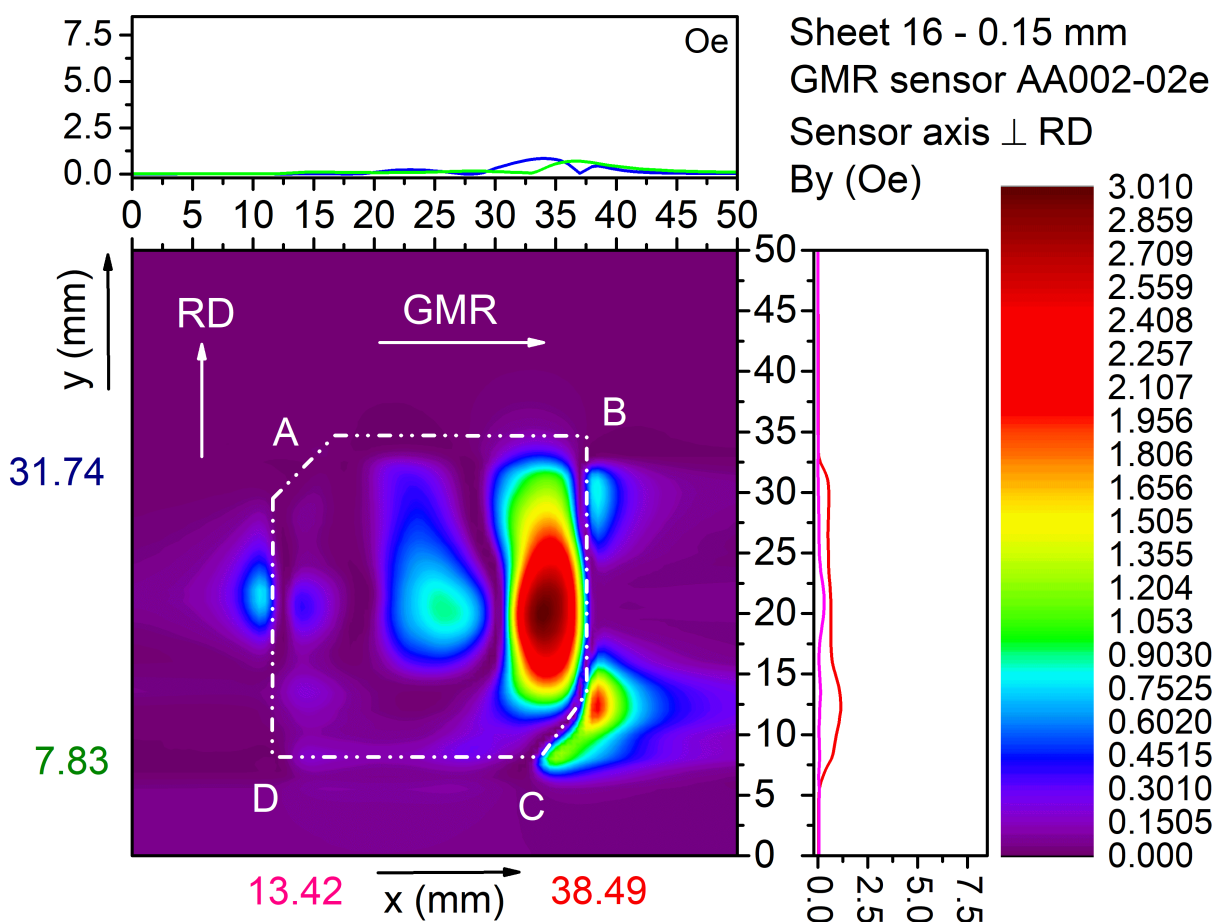
Ομοίως με τα προηγούμενα, μετρήθηκε η συνιστώσα B_x του μαγνητικού πεδίου, η οποία είναι παράλληλη στην την RD (σχήμα 4.75) και η συνιστώσα B_y , η οποία είναι αντίστοιχα κάθετη ως προς RD (σχήμα 4.76). Ακολουθώντας, το δείγμα μαγνητίστηκε παράλληλα στη διεύθυνση έλασης, με τη βοήθεια του μόνιμου μαγνήτη. Στα σχήματα 4.77, 4.78 και 4.79, εμφανίζεται η συνιστώσα B_x (παράλληλη ως προς την RD), η συνιστώσα B_y (κάθετη ως προς την RD) και η συνιστώσα B_z (παράλληλη ως προς την RD) του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια του ελάσματος. Έπειτα, επιχειρήθηκε μαγνήτιση του ελάσματος κάθετα στην RD και πραγματοποιήθηκε μέτρηση της συνιστώσας B_z , όπως φαίνεται στο σχήμα 4.80.

Στα διαγράμματα περίθλασης ακτίνων-X (σχήμα 4.10) και Williamson-Hall (σχήμα 4.15) του ελάσματος 16, βλέπουμε ότι η επιπρόσθετη μείωση του πάχους προκάλεσε περαιτέρω διαπλάτυνση των κορυφών περίθλασης (110) και (220), καθώς και ανύψωση των κορυφών (200) και (211). Η μετατόπιση του κεντροειδούς της κορυφής (200) προς τις μικρότερες γωνίες δείχνει την ύπαρξη εφελκυστικών παραμορφώσεων στην επιφάνεια του ελάσματος.

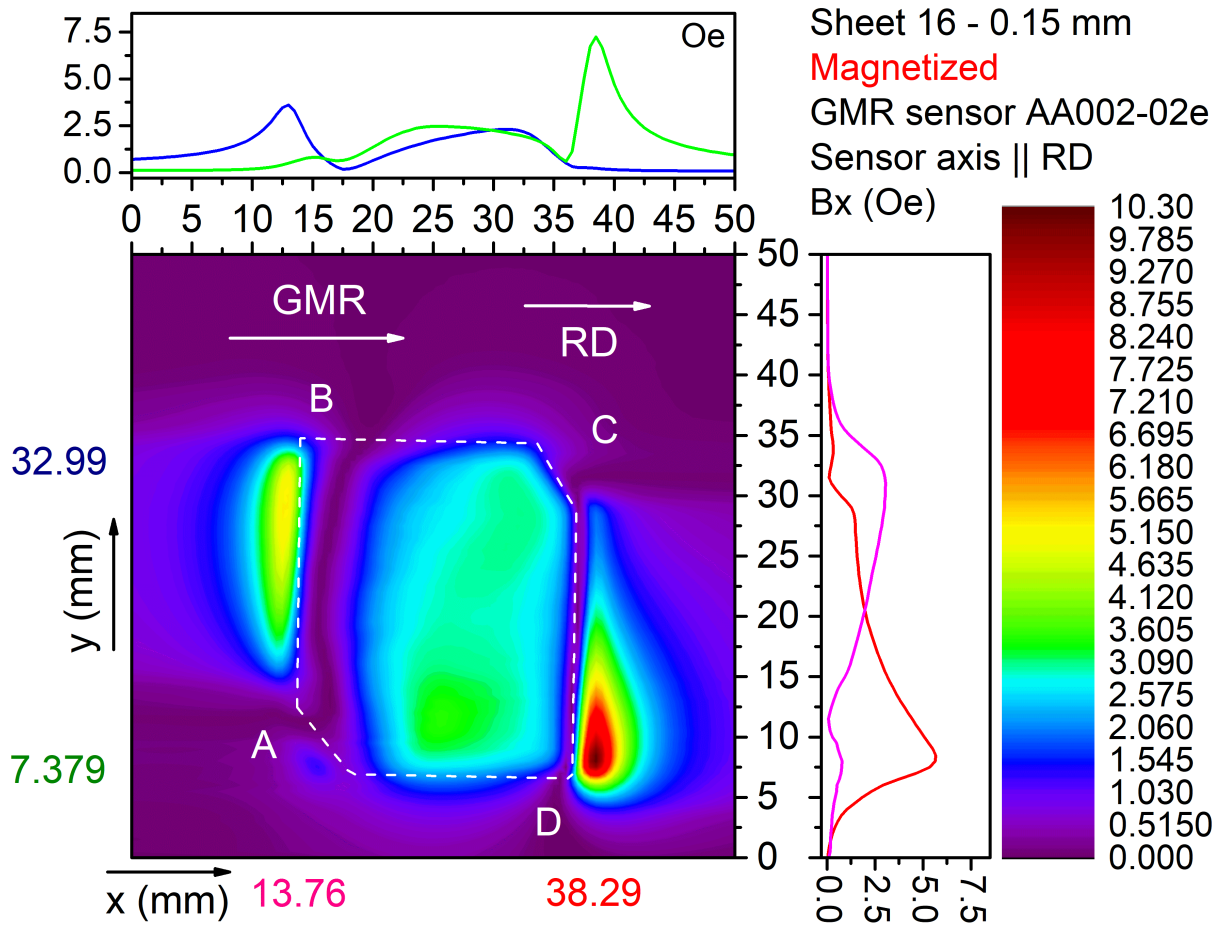
Επομένως, η αύξηση του βαθμού διέλασης προκάλεσε επιπρόσθετη μείωση της ανισοτροπίας στις παραμορφώσεις και ενίσχυση του προτιμητέου προσανατολισμού των κρυσταλλιτών. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η κατανομή του μαγνητικού πεδίου του δοκιμίου αναμένεται να έχει μορφή ανάλογη με την περίπτωση του ελάσματος 15, με σχετική αύξηση στις τιμές του πεδίου και της αντίστοιχης παραμένουσας μαγνήτισης.



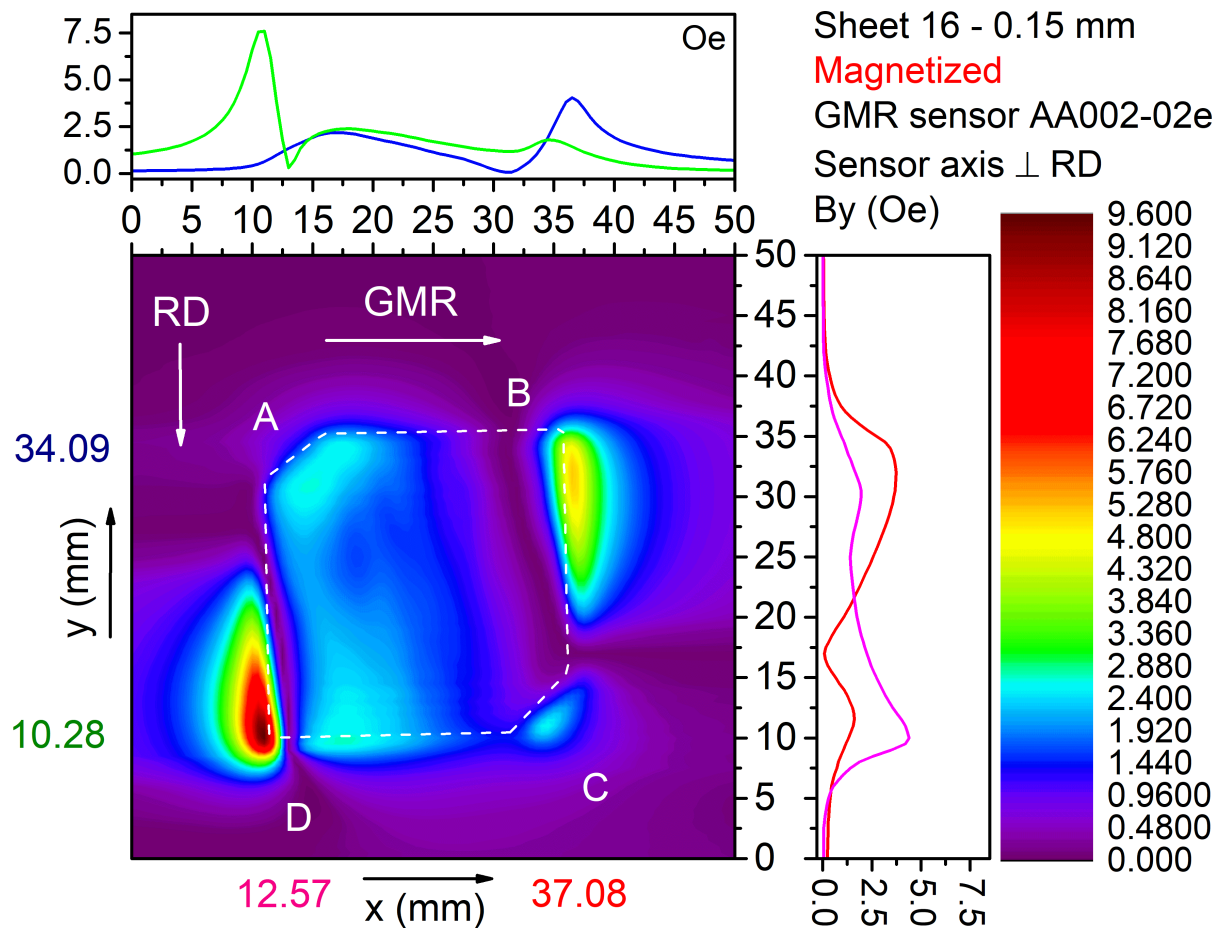
Σχήμα 4.75: Η παράλληλη συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια του ελάσματος 16 (κράμα Fe-Si), με τον αισθητήρα παράλληλο ως προς τη διεύθυνση έλασης.



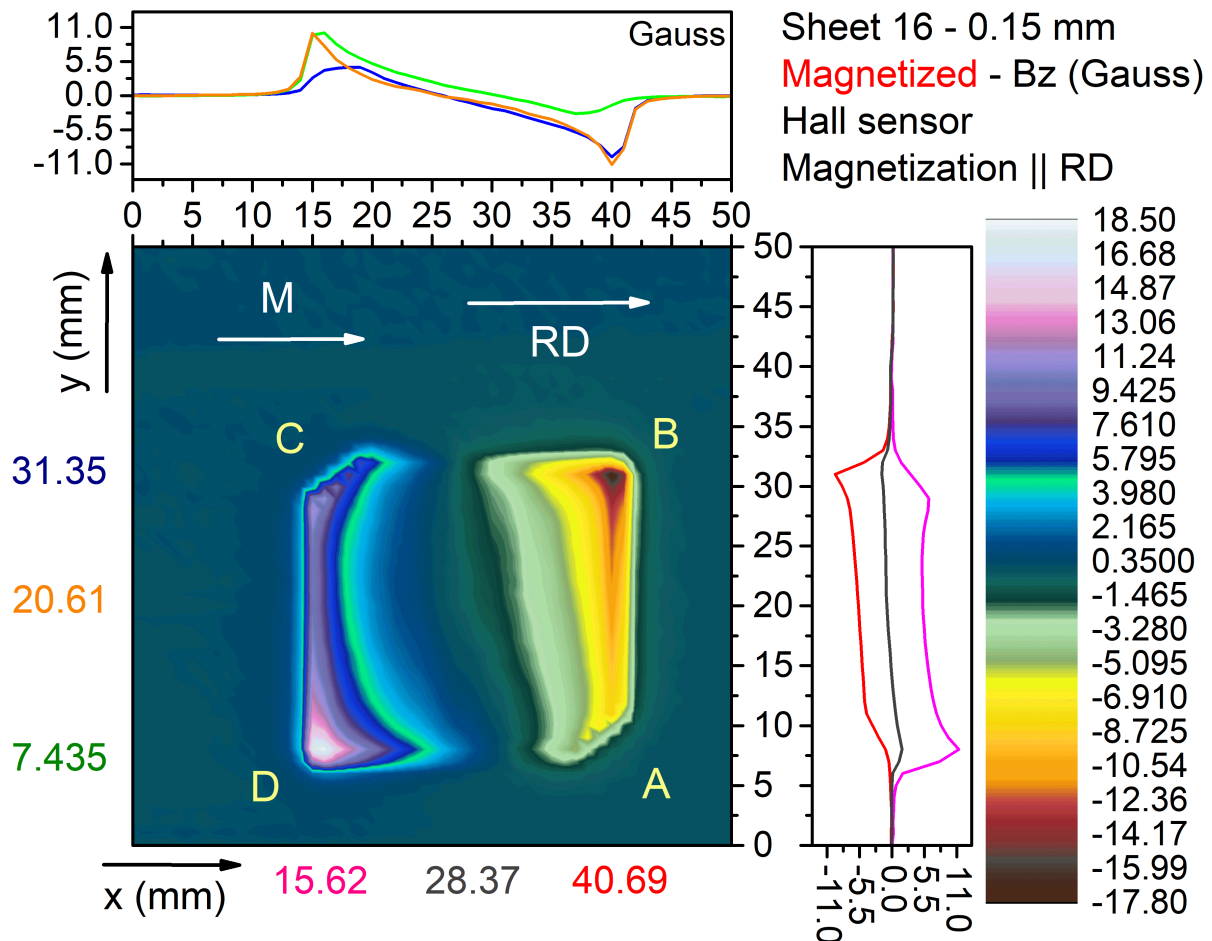
Σχήμα 4.76: Ομοίως, για αισθητήρα κάθετο προς τη διεύθυνση έλασης.



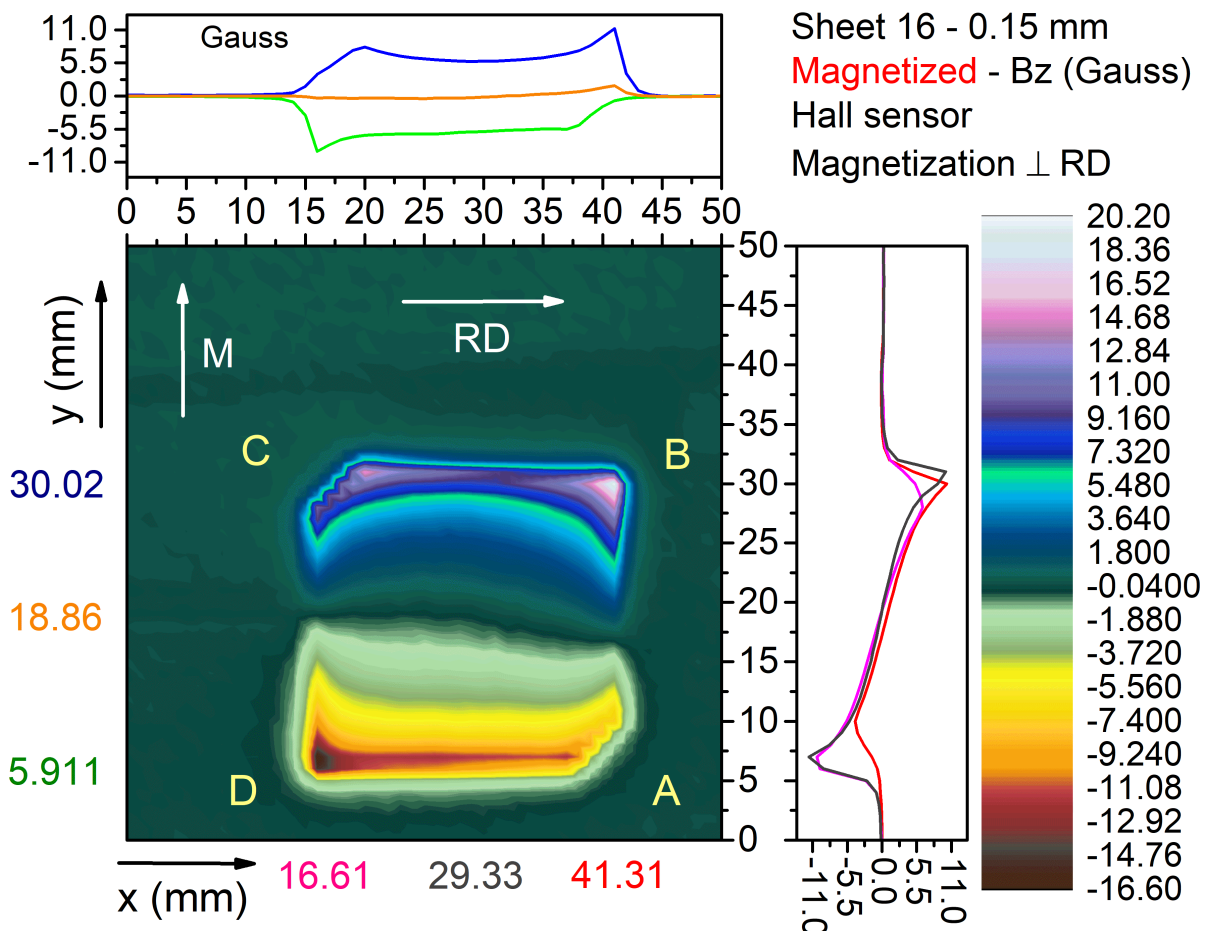
Σχήμα 4.77: Το μαγνητικό πεδίο παράλληλα στην επιφάνεια του ελάσματος 16 (κράμα Fe-Si), έπειτα από μαγνήτιση με χρήση μόνιμου μαγνήτη. Η διεύθυνση του αισθητήρα είναι παράλληλη στη διεύθυνση έλασης.



Σχήμα 4.78: Ομοίως, με τον αισθητήρα κάθετο προς τη διεύθυνση έλασης.



Σχήμα 4.79: Η συνιστώσα B_z του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια του ελάσματος 16 (κράμα Fe-Si), με τη μαγνήτιση M παράλληλη στη διεύθυνση έλασης.



Σχήμα 4.80: Ομοίως, για μαγνήτιση M κάθετη ως προς τη διεύθυνση έλασης.

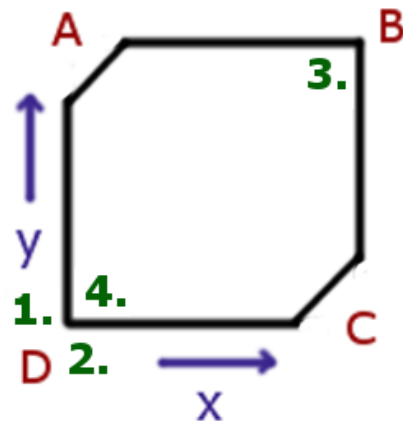
Στα αποτελέσματα των μετρήσεων για τη μαγνητισμένη κατάσταση (σχήματα 4.77 και 4.78), παρατηρούμε ότι οι συνιστώσες B_x και B_y του μαγνητικού πεδίου παρουσιάζουν σημαντική αύξηση τιμών έντασης, όπως αναμενόταν. Η κατανομή των παράλληλων συνιστωσών του πεδίου έχει παρόμοια μορφή με αυτήν του ελάσματος 15, εντούτοις είναι ανομοιομορφή και στις δύο διευθύνσεις. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην ανισοτροπία σχήματος του ελάσματος 16, το οποίο έχει μη συμμετρικές πλευρές, ενώ εμφανίζει 2 ασυνέχειες στα άκρα A και C. Εξετάζοντας τα αποτελέσματα της συνιστώσας B_z για μαγνήτιση κατά μήκος της διεύθυνσης έλασης (σχήμα 4.79), παρατηρείται η δημιουργία μαγνητικών πόλων κατά μήκος των πλευρών AB και DC, όπου $\sim B_z = \pm 11.0$ Gauss. Για μαγνήτιση του ελάσματος κάθετα στην RD (σχήμα 4.80), η κατανομή της B_z εμφανίζει ανάλογη μορφή, ενώ παρατηρείται μαγνητική πολικότητα μεταξύ των πλευρών AD και BC, τιμής έντασης περίπου $B_z = \pm 11.0$ Gauss.

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις, οι προτιμητέες διευθύνσεις μαγνήτισης του δοκιμίου δείχνουν να είναι προσανατολισμένες είτε παράλληλα είτε κάθετα ως προς τη διεύθυνση έλασης. Συνολικά, η επιπρόσθετη διέλαση οδήγησε σε υψηλότερες τιμές παραμένουσας μαγνήτισης, συγκριτικά με την περίπτωση του ελάσματος 15. Το αντίστοιχο παραμένον μαγνητικό πεδίο του ελάσματος 16 είναι προσανατολισμένο σε μεγάλο βαθμό κάθετα ως προς επιφάνειά του.

4.3.9 Έλασμα 17 (sheet 17 - κράμα Fe-Si)

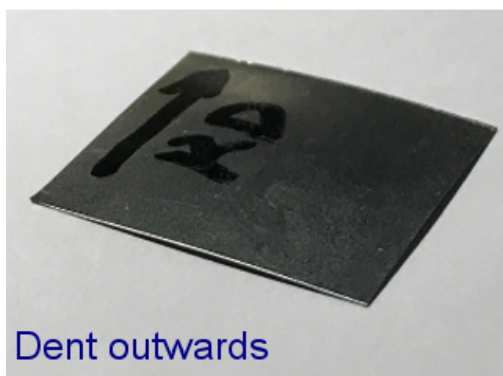
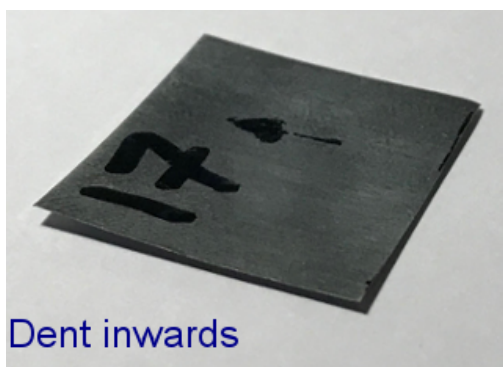
Το επόμενο δοκίμιο του κράματος μαγνητικού χάλυβα (έλασμα 17, σχήμα 4.82) υπέστη επιπρόσθετη διέλαση εν ψυχρώ, η οποία οδήγησε σε μείωση του πάχους του από 0.15 mm σε 0.11 mm. Οι αντίστοιχη επιφάνεια του ελάσματος 17 είναι ίση με (26.9×23.3) mm². Να σημειωθεί ότι, κατά τη διαδικασία της διέλασης, το δοκίμιο εμφάνισε επιφανειακή καμπύλωση. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.82, το κοίλωμα στην άνω επιφάνεια του δοκιμίου προσανατολίζεται προς τα μέσα, ενώ στην πίσω επιφάνεια έχει φορά προς τα έξω. Παρατηρήθηκε ότι, εφαρμόζοντας πίεση στο κοίλωμα, αυτό αλλάζει προσανατολισμό και γίνεται είτε κυρτό (φορά προς τα έξω) είτε κοίλο (φορά προς το μέσα). Αυτό σχετίζεται με τη συσσώρευση θλιπτικών τάσεων στην επιφάνεια του δοκιμίου λόγω πολλαπλών διελάσεων.

Έλασμα 16 Μαγνητισμένη κατάσταση



1. $|B_{x, \max}| = 10.23$ Oe
2. $|B_{y, \max}| = 9.51$ Oe
3. $B_{z, \max} = +17.7$ Gauss
4. $B_{z, \min} = -18.5$ Gauss

Σχήμα 4.81: Οι μέγιστες τιμές των συνιστωσών B_x , B_y και B_z του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια του ελάσματος 16. Η μαγνήτιση είναι παράλληλη στη διεύθυνση έλασης.



Σχήμα 4.82: Πάνω: Η άνω επιφάνεια του ελάσματος 17 (κράμα Fe-Si), το οποίο έχει πάχος 0.11 mm και διαστάσεις (26.9 × 23.3) mm². Έπειτα από ψυχρή διέλαση, η επιφάνεια του ελάσματος καμπυλώθηκε. Εδώ, το κοίλωμα είναι προς τα μέσα (dent inwards). Κάτω: Η κάτω επιφάνεια του ελάσματος 17, στην οποία το κοίλωμα έχει φορά προς τα έξω (dent outwards).

Αρχικά, μετρήθηκε η συνιστώσα B_x του μαγνητικού πεδίου, η οποία είναι παράλληλη στην RD του δοκιμίου (σχήμα 4.84), και η συνιστώσα B_y , η οποία είναι αντιστοίχως κάθετη στην RD (σχήμα 4.85). Ακολούθως, το δοκίμιο μαγνητίστηκε παράλληλα στην RD, με χρήση του μαγνήτη Nd₂Fe₁₄B₂, και μετρήθηκαν ξανά οι συνιστώσες B_x και B_y (σχήματα 4.86 και 4.87), καθώς και η συνιστώσα B_z στην άνω επιφάνεια του δοκιμίου, με το κοίλωμα προς τα μέσα (σχήμα 4.88) και προς τα έξω (σχήμα 4.89). Για την εναλλαγή της καμπυλότητας στην άνω επιφάνεια, εφαρμόστηκε χειροκίνητη πίεση.

Η παράλληλη συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου μετρήθηκε και με το χειροκίνητο μαγνητόμετρο 410 Gaussmeter της Lakeshore, το οποίο δείχνει και τη φορά της παράλληλης συνιστώσας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.86, το μαγνητικό πεδίο στην επιφάνεια του ελάσματος έχει φορά προς τα αριστερά, η οποία εκφράζεται από τη θετική τιμή +3.7 Oe, ενώ εξωτερικά των πλευρών έχει φορά προς τα δεξιά, με τιμή -4 Oe.

Έπειτα, το δοκίμιο μαγνητίστηκε κάθετα στην RD και μετρήθηκε η συνιστώσα B_z στην άνω επιφάνεια,

με το κοίλωμα να προσανατολίζεται προς τα μέσα (σχήμα 4.90), και προς τα έξω (σχήμα 4.91). Στη συνέχεια, επιχειρήθηκε μαγνήτιση του ελάσματος σε διεύθυνση που σχημάτιζε γωνία 45° με την RD (σχήματα 4.92 και 4.93).

Στο διάγραμμα περίθλασης ακτίνων-Χ του ελάσματος 17 (σχήμα 4.8), βλέπουμε ότι το ύψος των κορυφών (200) και (211) ελαττώθηκε αισθητά, σε σύγκριση με τα προηγούμενα ελάσματα, το οποίο δείχνει σχετική εξασθένιση του αντίστοιχου προτιμητέου προσανατολισμού των κρυσταλλιτών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το διάγραμμα Williamson-Hall (σχήμα 4.16), στο οποίο φαίνεται ότι η ανάκλαση (200) συμπίπτει με την ευθεία της σχέσης Williamson-Hall, είτε για παράλληλη είτε για κάθετη πρόσπτωση των ακτίνων-Χ στην επιφάνεια του ελάσματος. Αυτό δείχνει σημαντική μείωση της ανισοτροπίας που εμφανίζουν οι παραμορφώσεις κατά μήκος των σχετικών διευθύνσεων. Επίσης, η διακύμανση του τανυστή τυχαίων παραμορφώσεων μειώθηκε σημαντικά. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται σε συσσώρευση θλιπτικών τάσεων κάθετα στην επιφάνεια του δοκιμίου, όπως φαίνεται και από την καμπύλωση του δοκιμίου. Η επιφανειακή καμπύλωση που απέκτησε το έλασμα υποδηλώνει την εμφάνιση δύο τοπικών ελαχίστων στην ελαστική ενέργεια

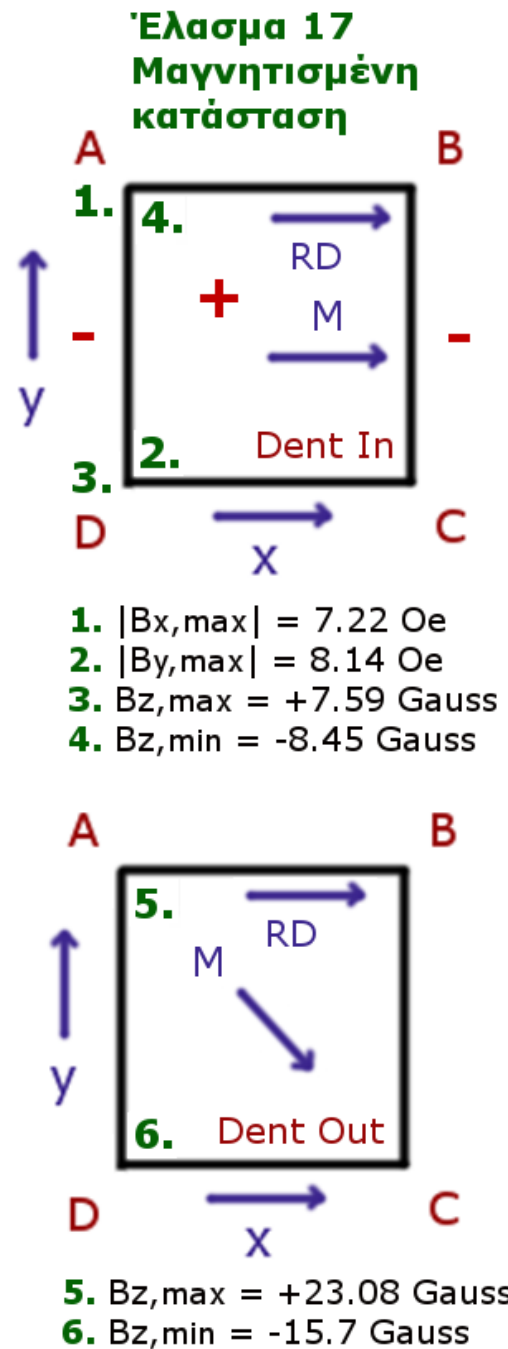
του ελάσματος, μεταξύ των οποίων η ενέργεια εγκλωβίζεται. Για το λόγο αυτό, η καμπύλωση του ελάσματος αλλάζει προσανατολισμό με την εφαρμογή πίεσης.

Συγκρίνοντας τις παράλληλες συνιστώσες μεταξύ της αμαγνήτιστης (σχήματα 4.84 και 4.85) και της μαγνητισμένης κατάστασης (σχήματα 4.86 και 4.87), παρατηρούμε σημαντική αύξηση τιμών στο μαγνητισμένο δοκίμιο. Στα άκρα του δοκιμίου, οι τιμές των συνιστωσών B_x και B_y εμφανίζουν τοπικά μέγιστα, τα οποία κυμαίνονται από 4.0 Oe μέχρι 7.5 Oe. Η συνιστώσα B_x έχει μέση τιμή $\bar{B}_x = 3.7$ Oe σε όλη την επιφάνεια του δοκιμίου, με φορά προς τα αριστερά (θετικό πρόσημο).

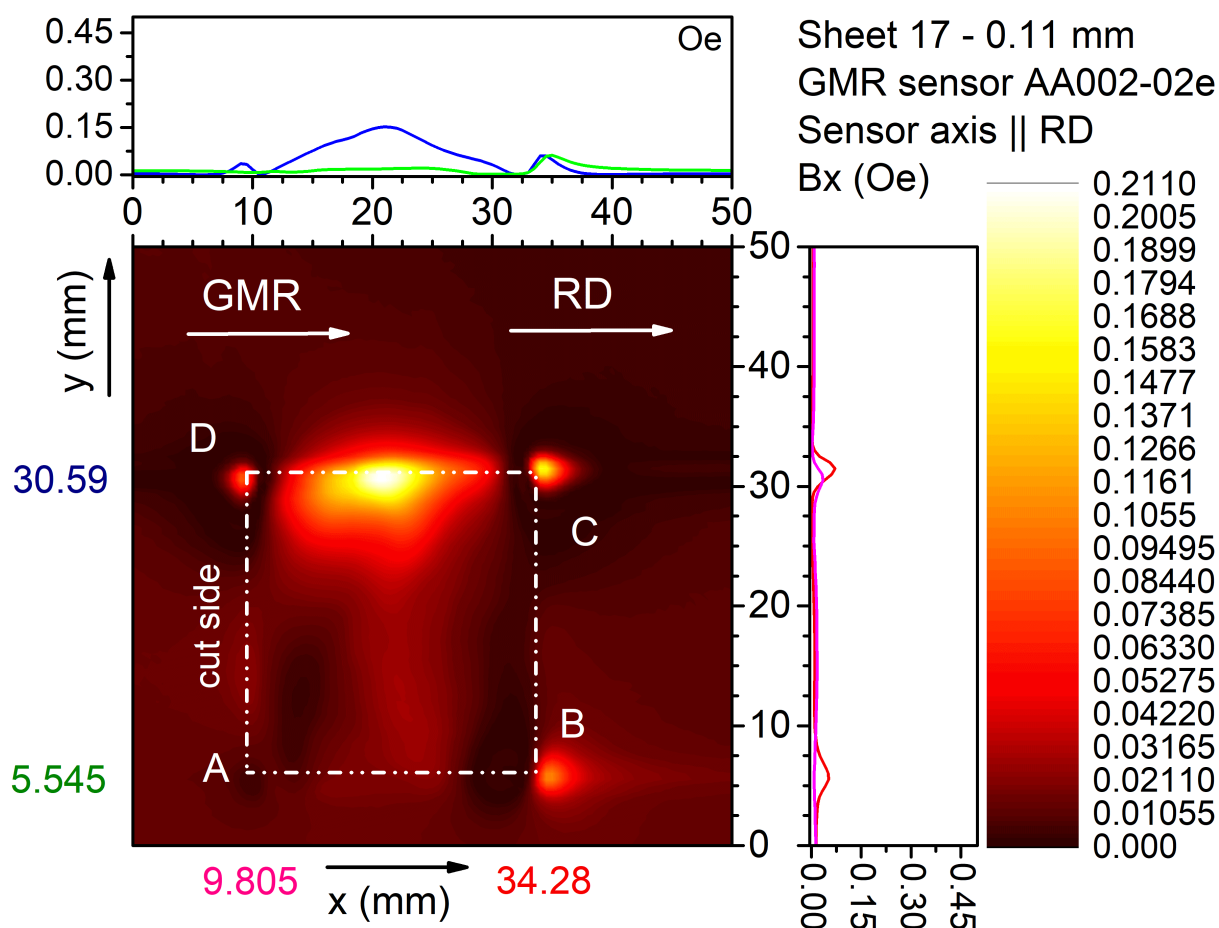
Εξετάζοντας τη συνιστώσα B_z του μαγνητικού πεδίου (σχήματα 4.88 και 4.89), παρατηρούμε τη δημιουργία μαγνητικών πόλων στις πλευρές AD και BC, τιμής έντασης περίπου $|B_z| = 3.0$ Gauss. Οι σχετικά χαμηλές τιμές της κάθετης συνιστώσας του μαγνητικού πεδίου ενδεχομένως να σχετίζονται με τη συσσώρευση θλιπτικών τάσεων κάθετα στην επιφάνεια του δοκιμίου.

Η επιφανειακή καμπύλωση φαίνεται να επηρέασε τη μαγνητική αντίθεση του ελάσματος, όπως φαίνεται στα αποτελέσματα της συνιστώσας B_z , για μαγνήτιση υπό γωνία 45° ως προς την RD (σχήματα 4.92 και 4.93). Όταν το κοίλωμα προσανατολίζεται προς τα μέσα, παρατηρούνται μαγνητικοί πόλοι στα άκρα A και C, με μέγιστη τιμή $|B_z| = 8.5$ Gauss. Όταν το κοίλωμα έχει φορά προς τα έξω, η συνιστώσα B_z εμφανίζει ραγδαία αύξηση στην περιοχή των άκρων A και C, με μέγιστη τιμή προσεγγιστικά $|B_z| = 23.0$ Gauss. Στο σχήμα 4.83, παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των επιμέρους συνιστωσών του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια του ελάσματος, για μαγνήτιση παράλληλη και υπό γωνία 45° ως προς τη διεύθυνση έλασης.

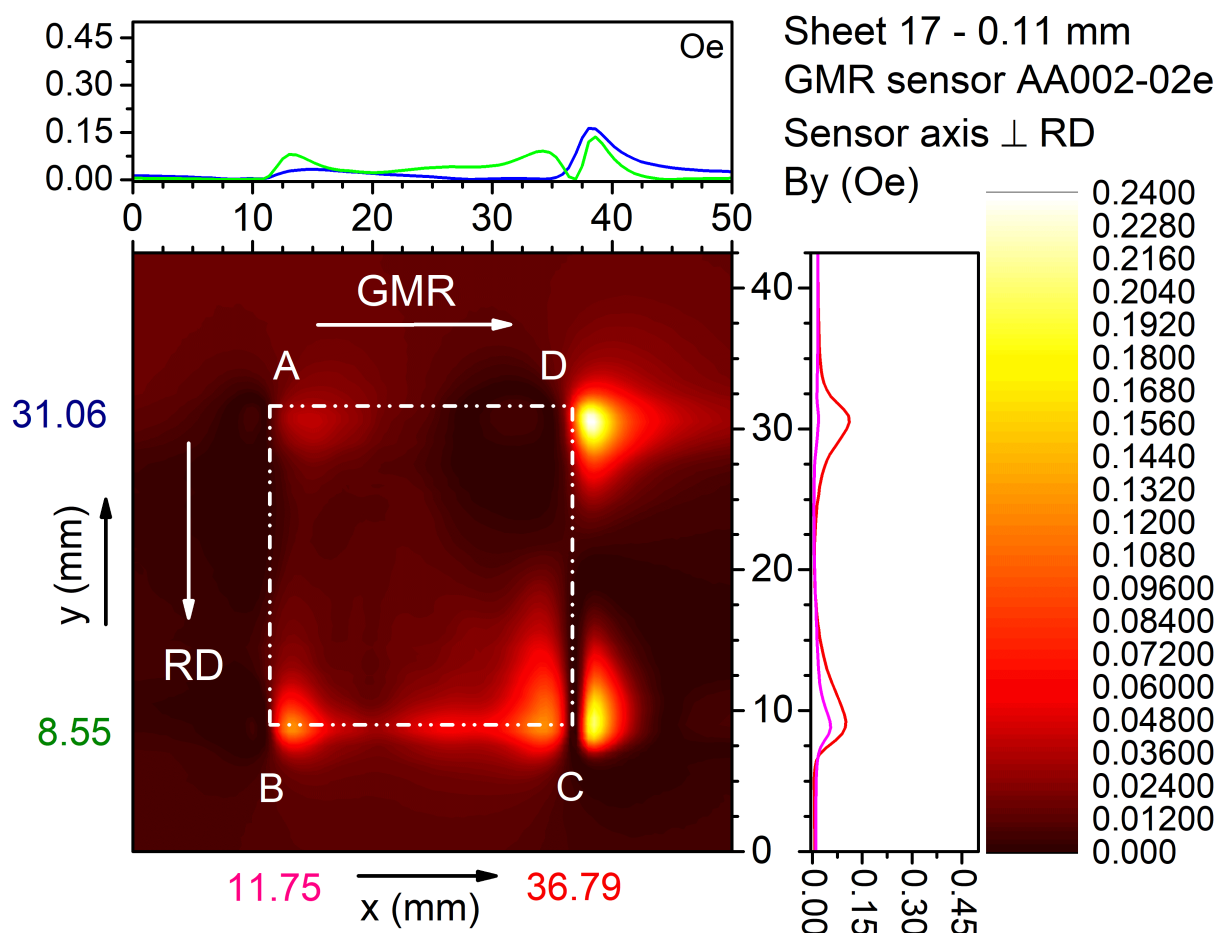
Συνολικά, τα έλασμα 17 εμφάνισε μη μηδενική παραμένουσα μαγνήτιση, κυρίως λόγω παραμενουσών τάσεων, καθώς και μεταβολές στη μηχανική συμπεριφορά του.



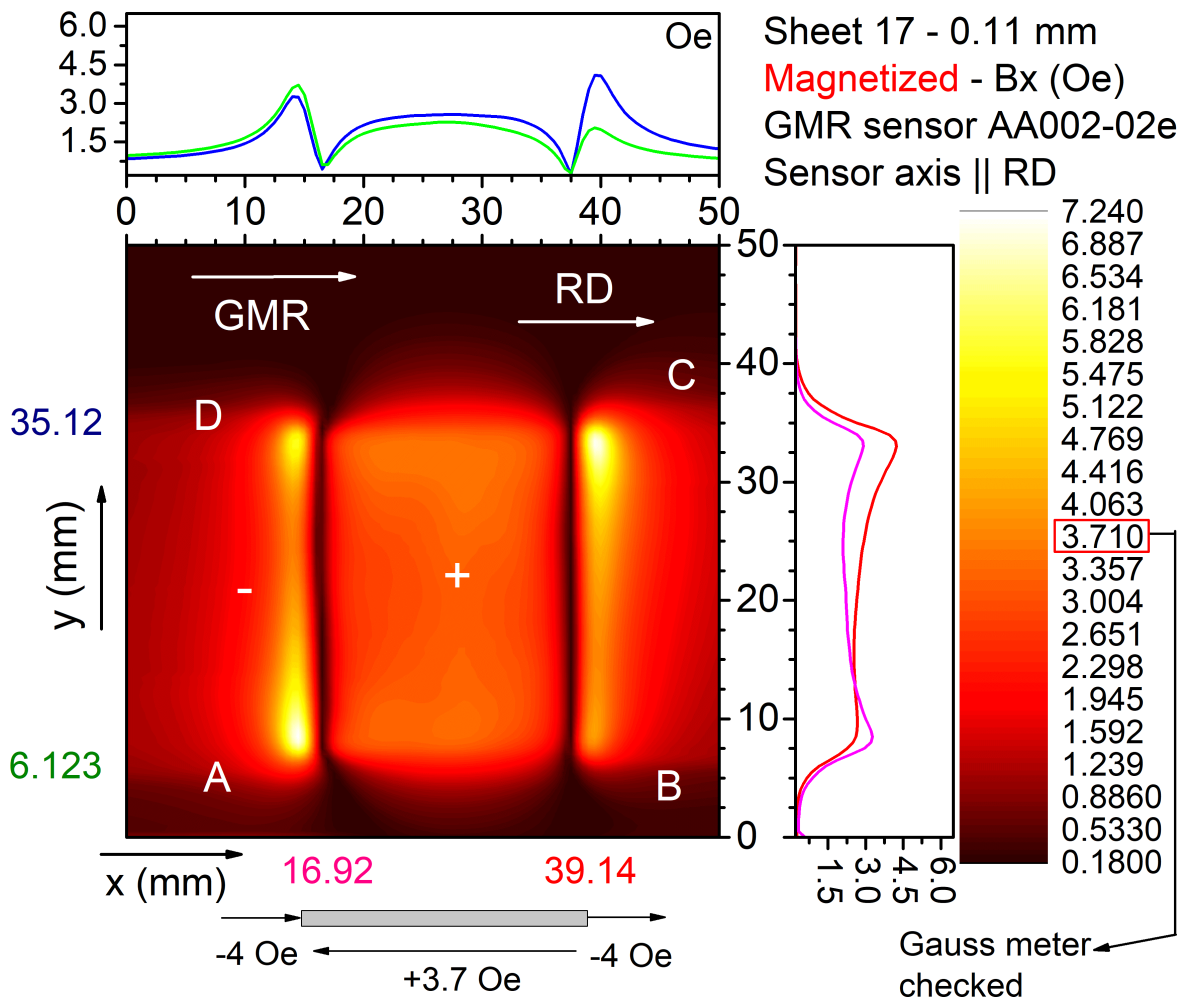
Σχήμα 4.83: Οι μέγιστες τιμές των συνιστωσών B_x , B_y και B_z του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια του ελάσματος 17 (μαγνητισμένο). Τα πρόσημα (κόκκινο χρώμα) δείχνουν τη φορά της συνιστώσας B_x (θετικό πρόσημο: φορά προς τα αριστερά).



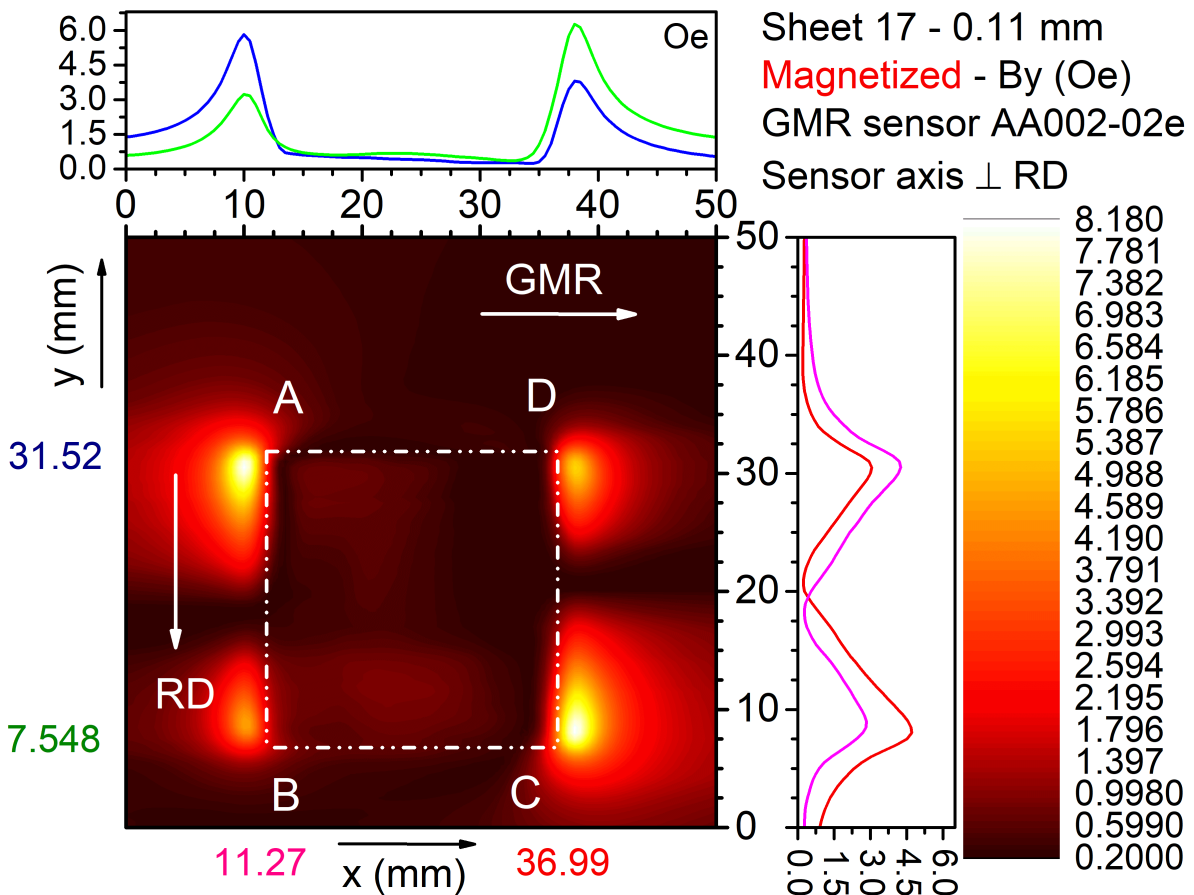
Σχήμα 4.84: Η παράλληλη συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια του ελάσματος 17 (κράμα Fe-Si), με τον αισθητήρα παράλληλο προς τη διεύθυνση έλασης.



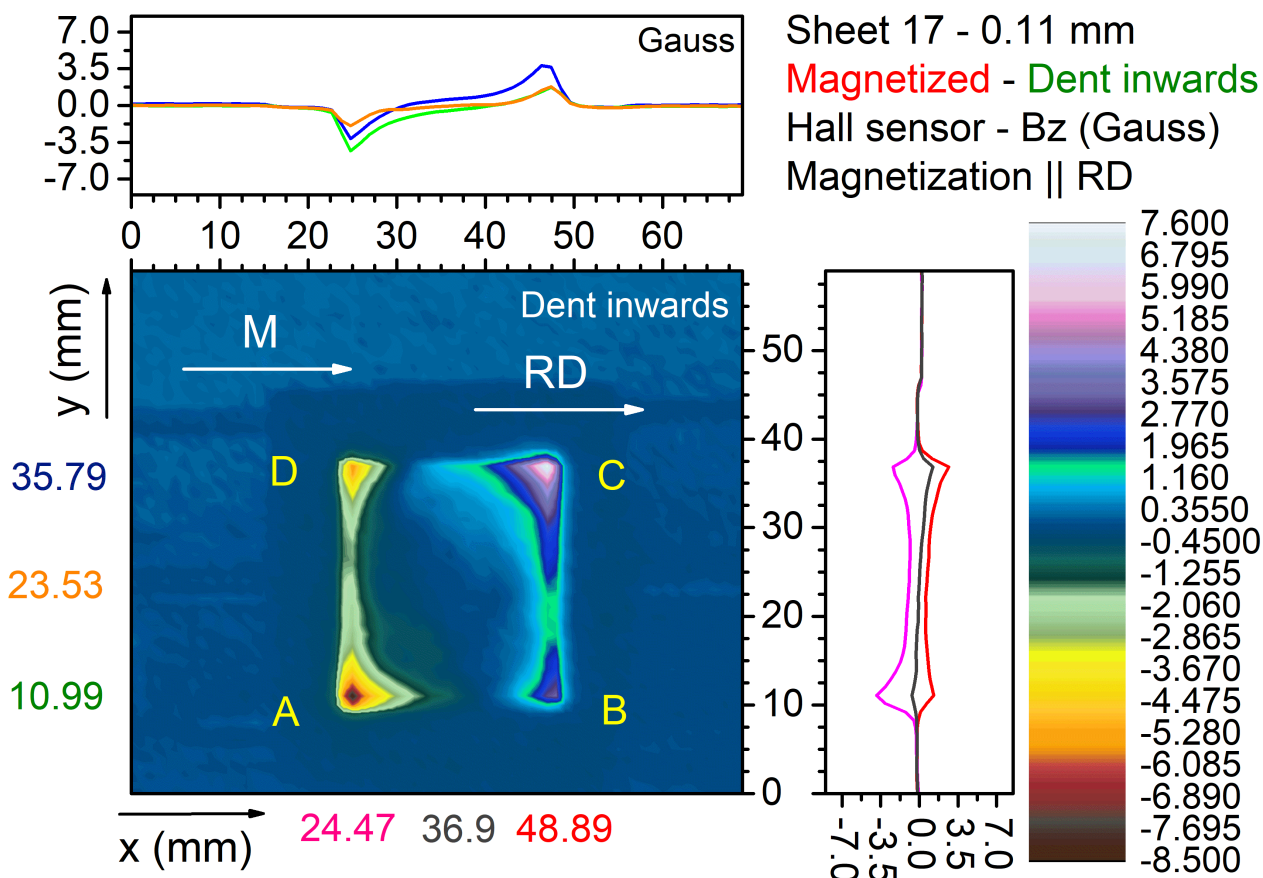
Σχήμα 4.85: Ομοίως, με τον αισθητήρα κάθετο προς τη διεύθυνση έλασης.



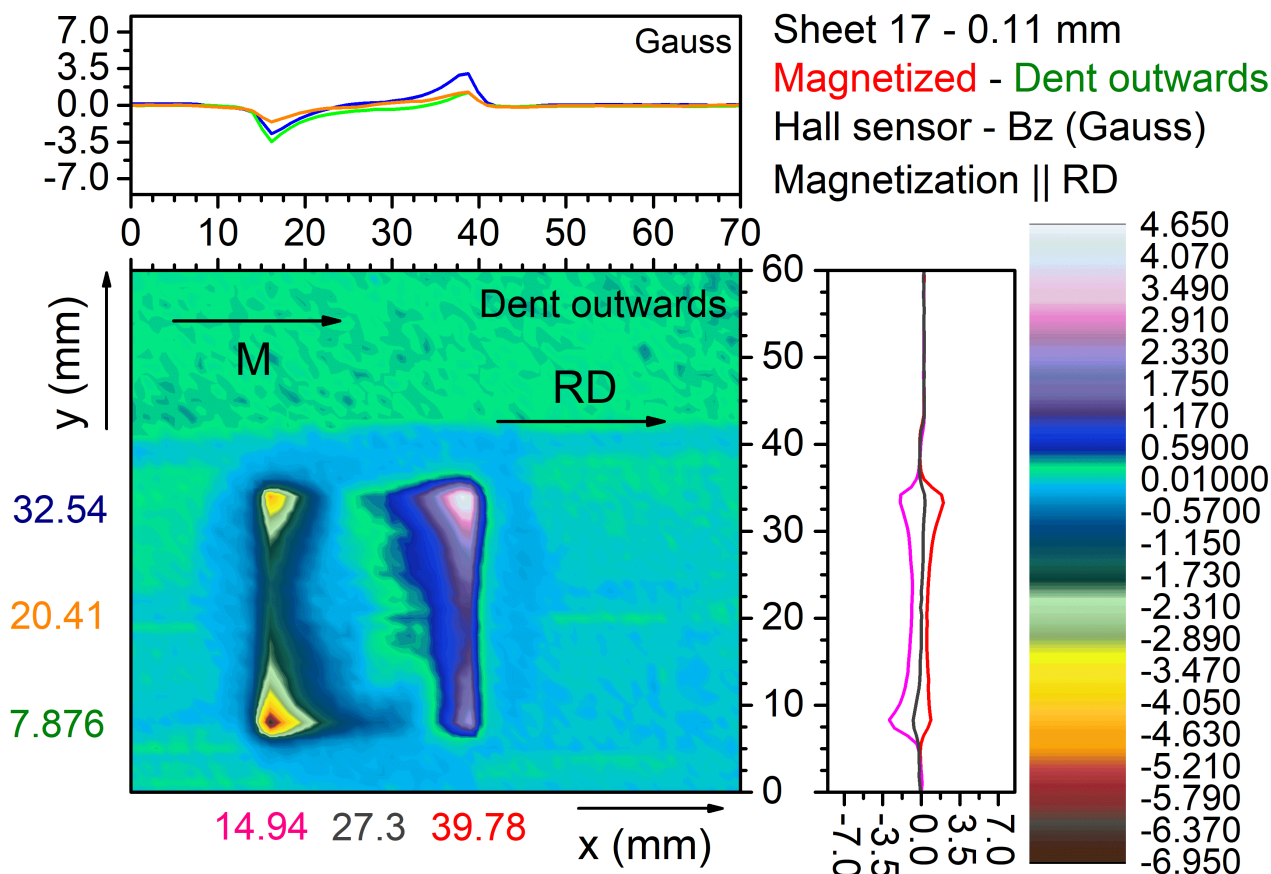
Σχήμα 4.86: Το μαγνητικό πεδίο παράλληλα στην επιφάνεια του ελάσματος 17 (κράμα Fe-Si), έπειτα από μαγνήτιση του δοκιμίου με μαγνήτη $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}_2$. Ο αισθητήρας είναι παράλληλος προς τη διεύθυνση έλασης.



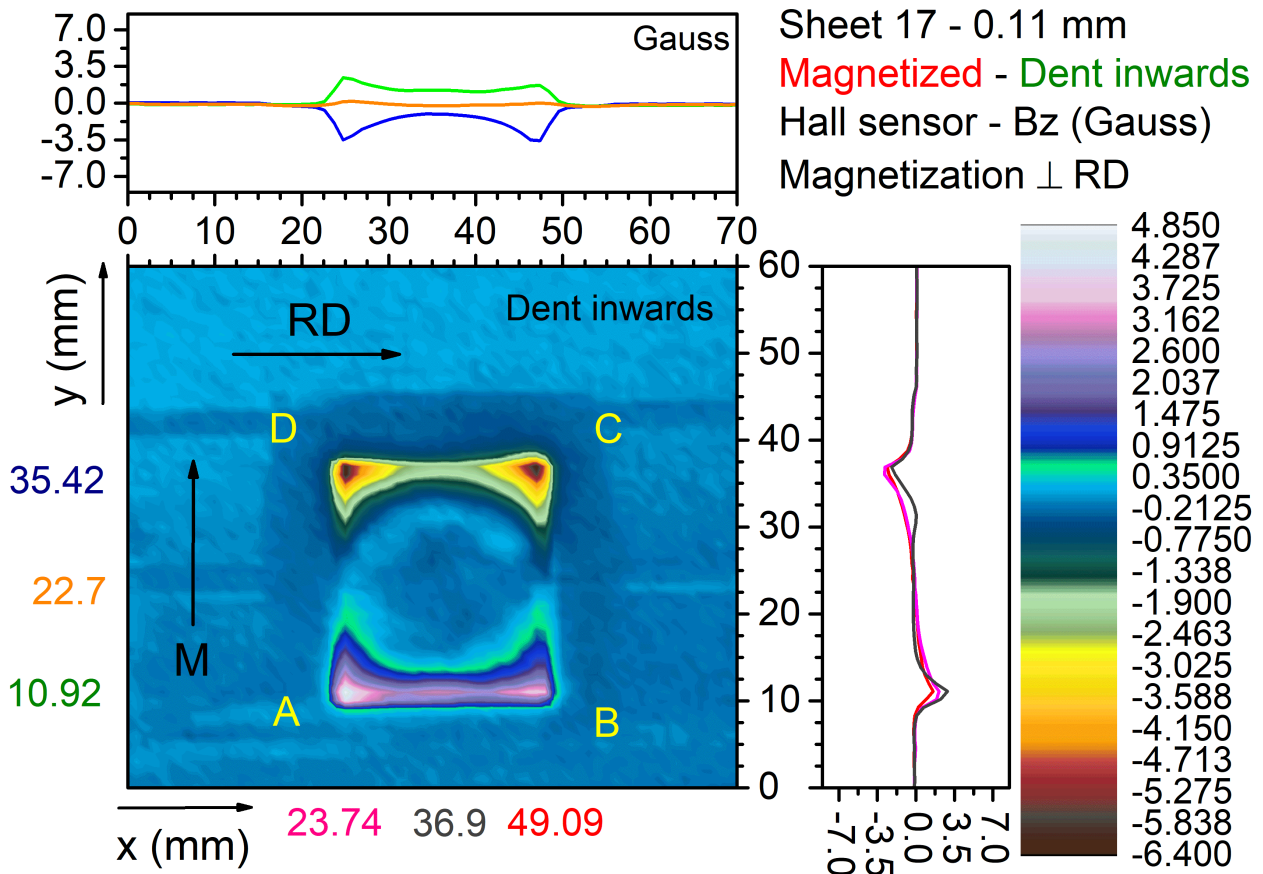
Σχήμα 4.87: Ομοίως, με τον αισθητήρα κάθετο ως προς την αντίστοιχη διεύθυνση έλασης.



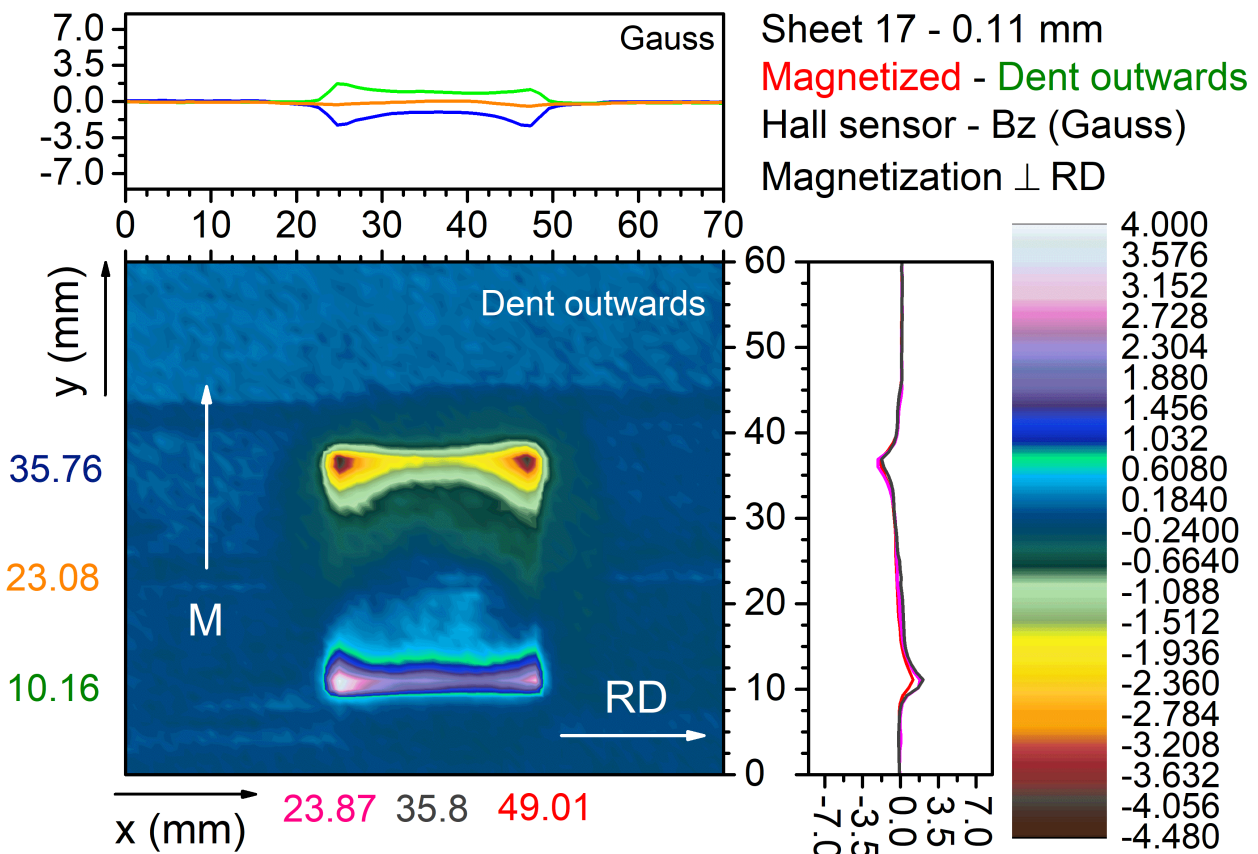
Σχήμα 4.88: Η κάθετη συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου (B_z) στην άνω επιφάνεια του ελάσματος 17 (κράμα Fe-Si), για μαγνήτιση M παράλληλη προς τη διεύθυνση έλασης. Το κοίλωμα έχει φορά προς τα μέσα.



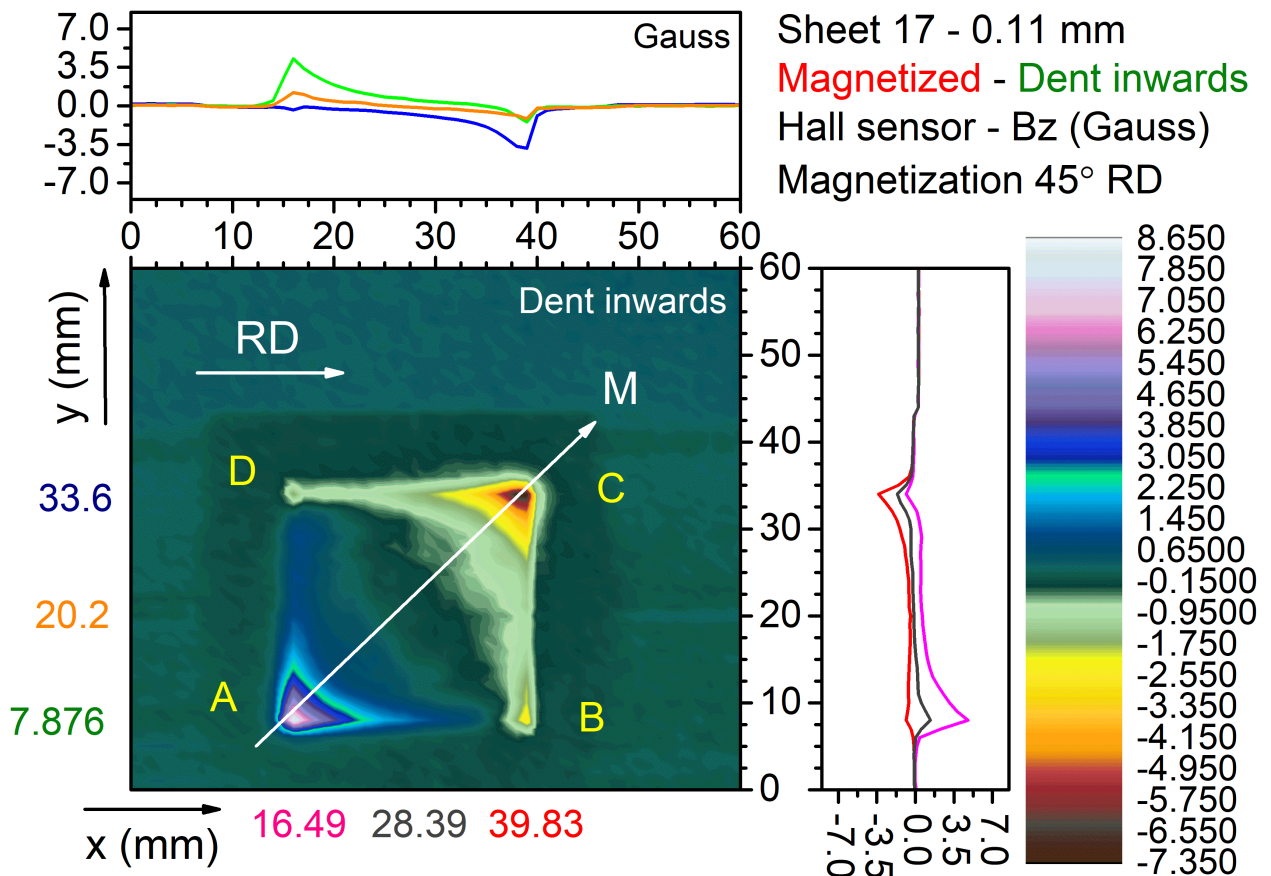
Σχήμα 4.89: Ομοίως με το κοίλωμα να έχει φορά προς τα έξω. Οι πλευρές του ελάσματος διατηρούν τον προσανατολισμό του προηγούμενου σχήματος.



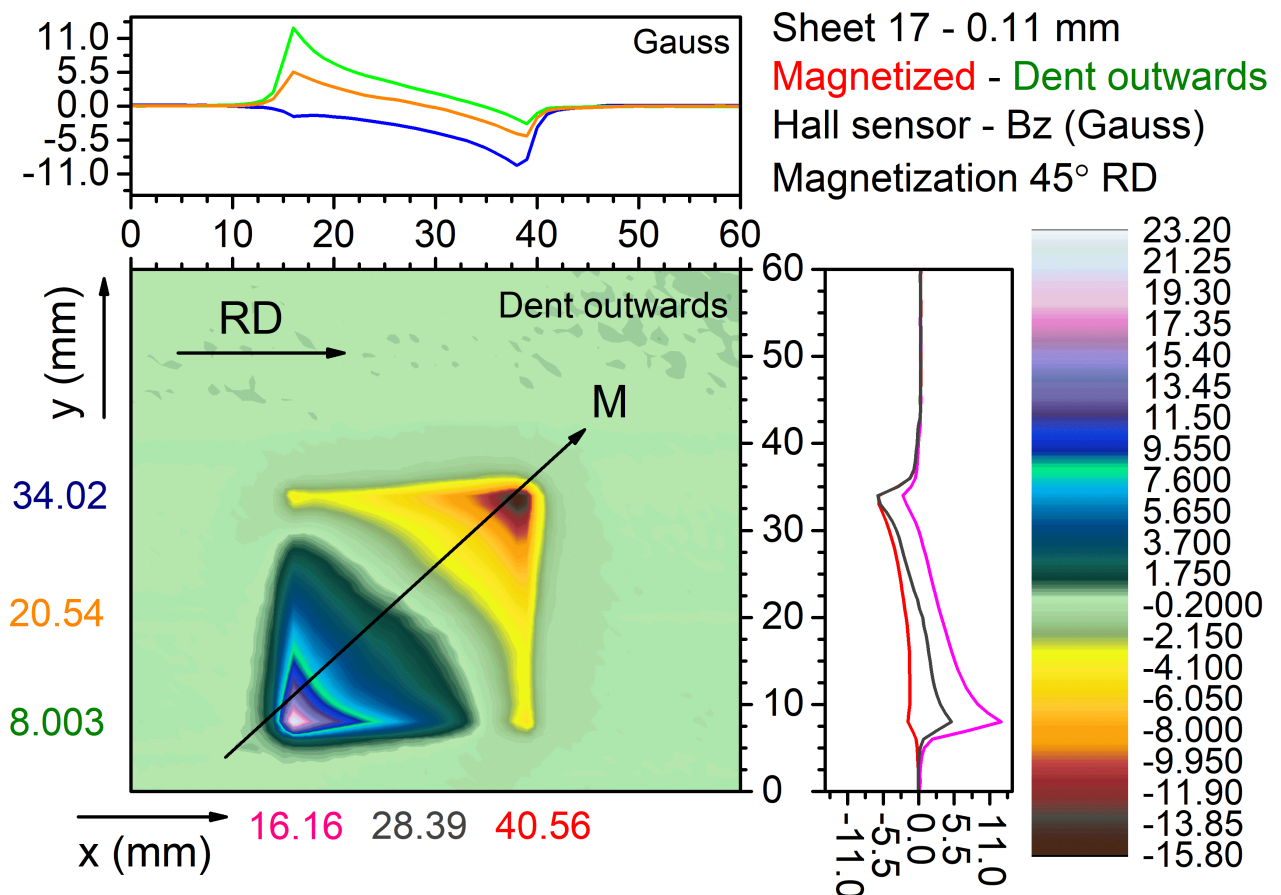
Σχήμα 4.90: Η κάθετη συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου (B_z) στην άνω επιφάνεια του ελάσματος 17 (κράμα Fe-Si), με τη μαγνήτιση M κάθετη ως προς τη διεύθυνση έλασης. Το κοίλωμα έχει φορά προς τα μέσα.



Σχήμα 4.91: Ομοίως, με το κοίλωμα να έχει φορά προς τα έξω. Οι πλευρές του ελάσματος διατηρούν τον προσανατολισμό του προηγούμενου σχήματος.

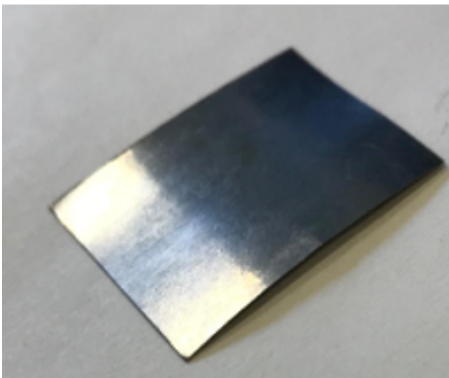
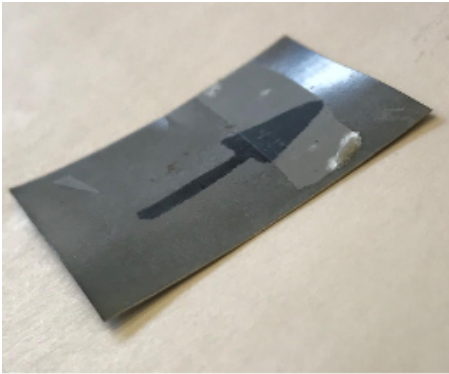


Σχήμα 4.92: Η κάθετη συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου (B_z) στην άνω επιφάνεια του ελάσματος 17 (κράμα Fe-Si), όπου η μαγνήτιση M σχηματίζει γωνία 45° με τη διεύθυνση έλασης. Το κοίλωμα έχει φορά προς τα μέσα.



Σχήμα 4.93: Ομοίως, με το κοίλωμα να έχει φορά προς τα έξω. Οι πλευρές του ελάσματος διατηρούν τον προσανατολισμό του προηγούμενου σχήματος.

4.3.10 Έλασμα 18 (sheet 18 - κράμα Fe-Si)



Σχήμα 4.94: Πάνω: Η άνω επιφάνεια του ελάσματος 18 (κράμα Fe-Si). Έπειτα από ψυχρή διέλαση, το πάχος του μειώθηκε στα 0.09 mm, ενώ απέκτησε επιφανειακή καμπύλωση. Εδώ, φαίνεται η ύπαρξη κοιλώματος με προσανατολισμό προς τα μέσα. Κάτω: Η κάτω επιφάνεια του ελάσματος 18, στην οποία το αντίστοιχο κοίλωμα προσανατολίζεται προς τα έξω.

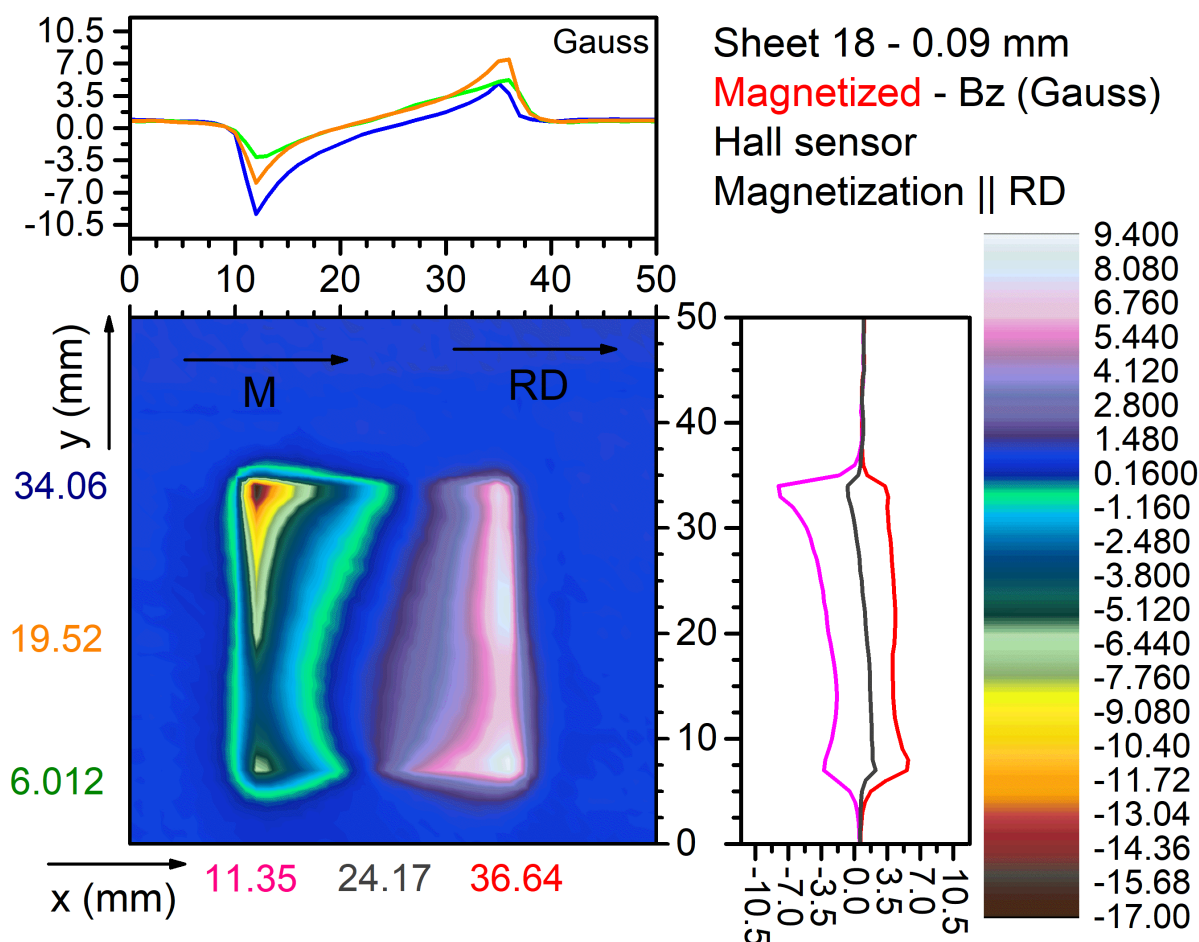
Στο σημείο αυτό, μετρήθηκε το μαγνητικό πεδίο του ελάσματος 18 (σχήμα 4.94), το οποίο έχει διαστάσεις $(22.10 \times 24.95) \text{ mm}^2$. Λόγω ψυχρής διέλασης, το πάχος του από 0.11 mm μειώθηκε σε 0.09 mm, ενώ η επιφάνεια του δοκιμίου καμπυλώθηκε, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.94. Να σημειωθεί ότι αντίστοιχη επιφανειακή καμπύλωση εμφάνισε και το έλασμα 17.

Το έλασμα 18 μαγνητίστηκε, με τη βοήθεια του μαγνήτη $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}_2$ παράλληλα στην RD και μετρήθηκε η κάθετη συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου (B_z) στην επιφάνειά του (σχήμα 4.95). Ακολούθως, το έλασμα μαγνητίστηκε κάθετα στη διεύθυνση έλασης και μετρήθηκε εκ νέου η συνιστώσα B_z στην επιφάνεια (σχήμα 4.96) και στην εγκάρσια διατομή του (σχήμα 4.97).

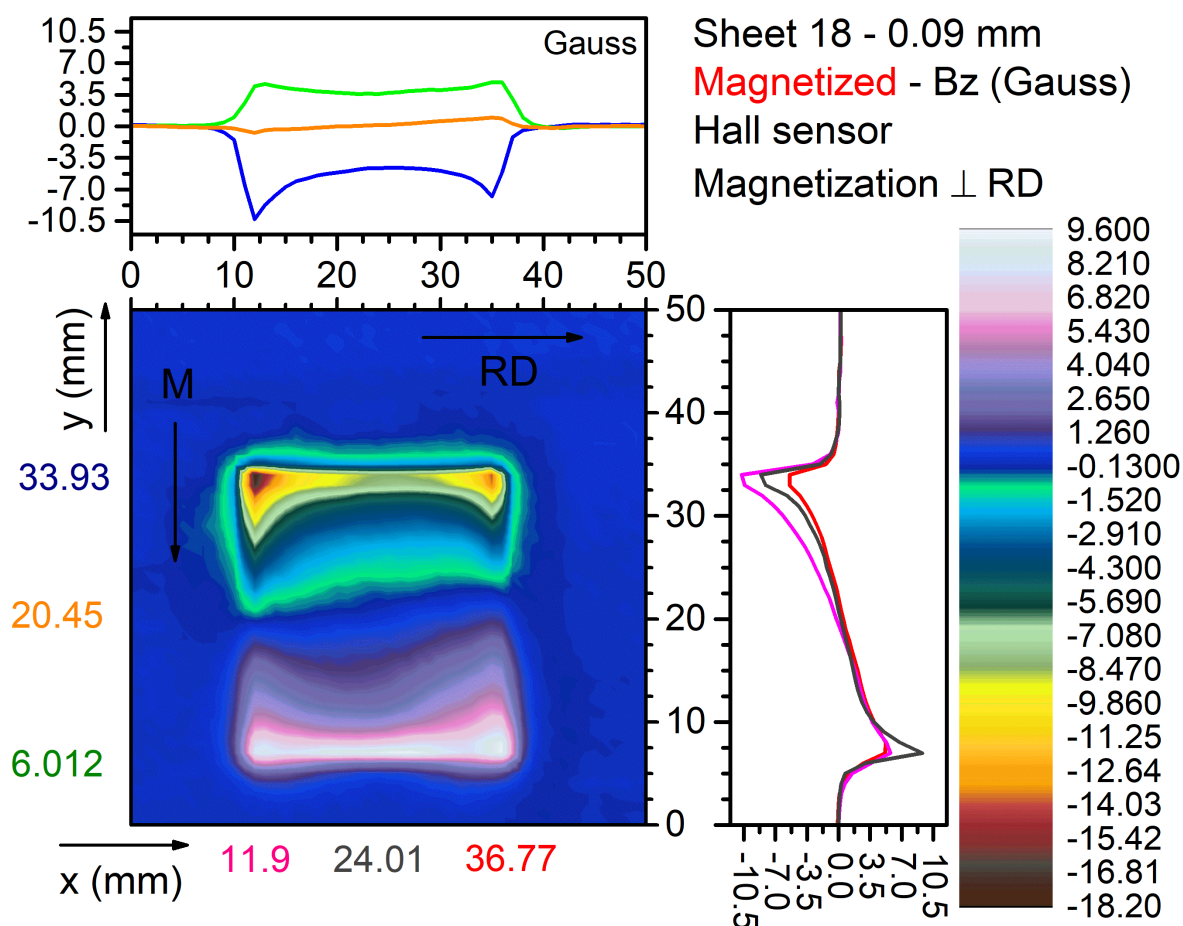
Στα διαγράμματα περίθλασης ακτίνων-X και Williamson-Hall (σχήματα 4.11 και 4.17 αντιστοίχως) του ελάσματος 18, παρατηρήθηκε σχετική αύξηση της ανισοτροπίας στις παραμορφώσεις και περαιτέρω συσσώρευση θλιπτικών τάσεων στην επιφάνεια του δοκιμίου. Συνεπώς, αναμένεται σχετική αύξηση της παραμένουσας μαγνήτισης και του αντίστοιχου μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια του ελάσματος.

Παρατηρώντας τα σχήματα 4.95 και 4.96, βλέπουμε ότι η συνιστώσα B_z εμφανίζει σχετικά υψηλές τιμές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αύξηση της ανισοτροπίας που παρουσιάζουν οι παραμορφώσεις προκάλεσε ανάλογη αύξηση της δύναμης "καρφώματος" των τοιχωμάτων Bloch. Επίσης, παρατηρείται η εμφάνιση μαγνητικών πόλων στις πλευρές του δοκιμίου και για τους δύο προσανατολισμούς μαγνήτισης. Η κατανομή της B_z δεν είναι ομοιόμορφη, το οποίο πιθανώς να σχετίζεται με την καμπύλωση του δοκιμίου λόγω συσσώρευσης θλιπτικών τάσεων στην επιφάνειά του. Κατά μήκος της εγκάρσιας διατομής, βλέπουμε ότι το μαγνητικό πεδίο παράλληλα στην επιφάνεια του ελάσματος εμφανίζει τιμή έντασης $\sim |B_z| = 1.5 \text{ Gauss}$.

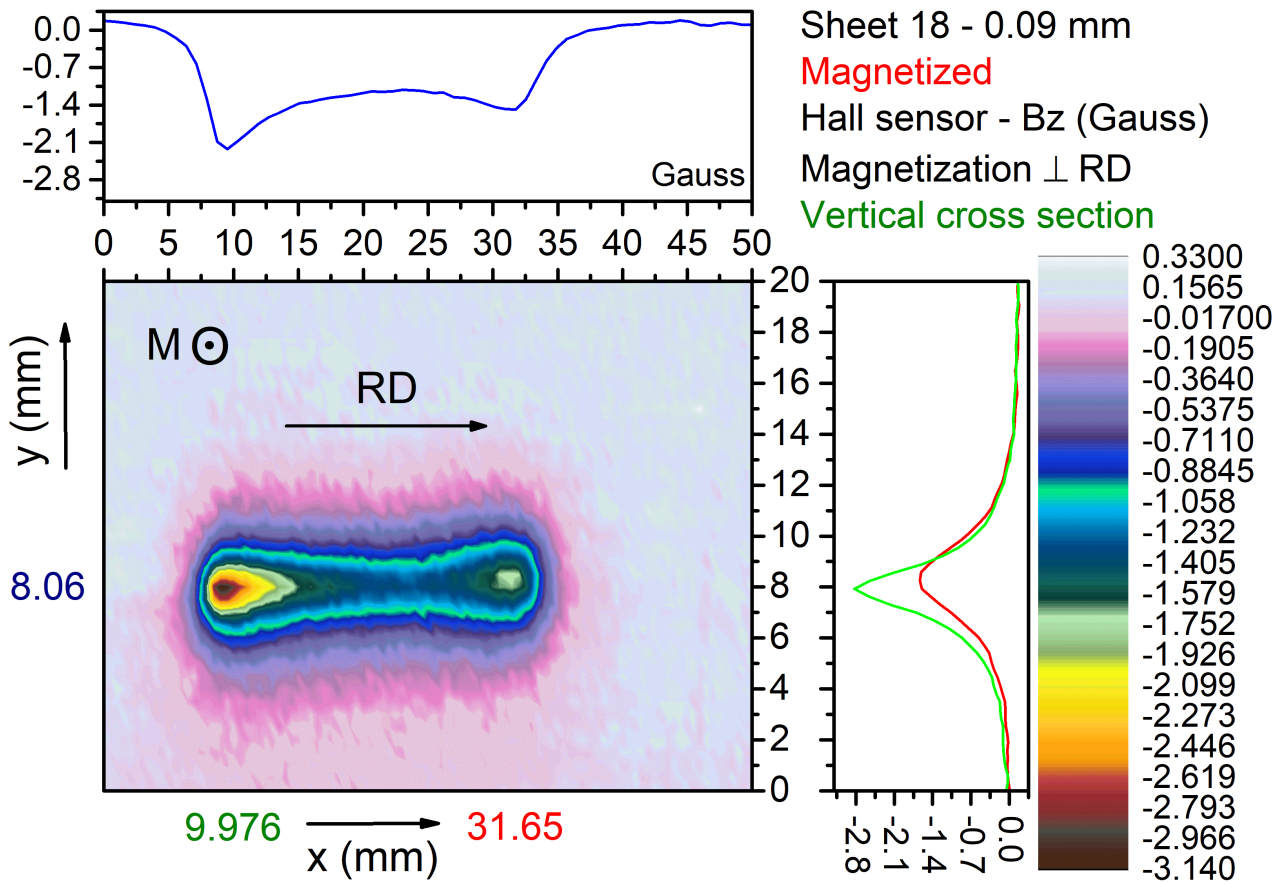
Συνολικά, η παραμένουσα μαγνήτιση εμφάνισε σχετικά υψηλές τιμές. Οι αντίστοιχοι προτιμητέοι προσανατολισμοί μαγνήτισης του ελάσματος δείχνουν να βρίσκονται είτε παράλληλα είτε κάθετα προς τη διεύθυνση έλασης.



Σχήμα 4.95: Η συνιστώσα B_z του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια του ελάσματος 18 (κράμα Fe-Si). Η μαγνήτιση M του ελάσματος είναι παράλληλη προς τη διεύθυνση έλασης.



Σχήμα 4.96: Ομοίως, με τη μαγνήτιση M κάθετη ως προς τη διεύθυνση έλασης. Οι πλευρές του ελάσματος διατηρούν τον προσανατολισμό του προηγούμενου σχήματος.



Σχήμα 4.97: Η συνιστώσα B_z του μαγνητικού πεδίου κατά μήκος της εγκάρσιας διατομής του ελάσματος 18 (κράμα Fe-Si). Η μαγνήτιση M είναι κάθετη ως προς τη διεύθυνση έλασης. Το διάνυσμα της μαγνήτισης είναι κάθετο στο επίπεδο του γραφήματος, με φορά προς τα έξω.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αναπτύχθηκε μια πειραματική διάταξη για τη μέτρηση του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια σιδηρομαγνητικών ελασμάτων. Η πειραματική διάταξη που αναπτύξαμε αποτελείται από ένα πλαίσιο δύο αξόνων (X-Y-stage) το οποίο κινεί τον αισθητήρα του μαγνητικού πεδίου με ελεγχόμενο τρόπο, με ακρίβεια (1 μ m). Οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου που χρησιμοποιήσαμε ήταν αισθητήρες Hall, για τη μέτρηση της κάθετης στην επιφάνεια συνιστώσας του μαγνητικού πεδίου, και αισθητήρες GMR, για τη μέτρηση της παράλληλης συνιστώσας. Η καταγραφή των μετρήσεων και ο έλεγχος της διάταξης έγινε με τη βοήθεια Η/Υ χρησιμοποιώντας το πακέτο λογισμικού LabView.

Χρησιμοποιώντας τη μετρητική διάταξη, πραγματοποιήσαμε σειρά μετρήσεων σε ελάσματα κατασκευαστικού και μαγνητικού χάλυβα. Στις μετρήσεις που αφορούσαν τον μαγνητικό χάλυβα, έγιναν μετρήσεις σε δοκίμια με διαφορετικό μέγεθος παραμενουσών μηχανικών τάσεων λόγω διέλασης τους. Τέλος, έγινε προσπάθεια για τη συσχέτιση του μαγνητικού πεδίου με τις παραμένουσες μηχανικές τάσεις στην επιφάνεια των ελασμάτων.

Πρακτικά, τα μαγνητικώς μαλακά σιδηρομαγνητικά υλικά έχουν μηδενική μακροσκοπική μαγνήτιση, απουσία εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Ο φυσικός λόγος γι' αυτό είναι η μικρή δύναμη "καρφώματος" (σε αντίθεση με σκληρά μαγνητικά υλικά) των μαγνητικών τοιχωμάτων Bloch, έτσι ώστε η κατάσταση ελάχιστης μαγνητοστατικής ενέργειας να είναι η μακροσκοπικά αμαγνήτιστη κατάσταση. Ένας μηχανισμός που θα μπορούσε να αυξήσει τη δύναμη "καρφώματος" των τοιχωμάτων Bloch είναι η παρουσία ανομοιογενούς μηχανικής παραμόρφωσης (remanent strain). Συνεπώς, η ύπαρξη παραμενουσών μηχανικών τάσεων σε ένα μαλακό μαγνητικό υλικό θα μπορούσε να οδηγήσει στην εμφάνιση μη μηδενικής μακροσκοπικής μαγνήτισης, και κατ' επέκταση μη μηδενικού πεδίου, στην επιφάνεια ενός σώματος.

Η μεθοδολογία μέτρησης του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια μαγνητικών ελασμάτων θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη για το μη καταστροφικό έλεγχο εξαρτημάτων και κατασκευών (καταστροφική συγκέντρωση μηχανικών τάσεων) καθώς επίσης και τη διάγνωση ζητημάτων που αφορούν στις απώλειες μαγνητικής υστέ-

ρησης μαγνητικών χαλύβων.

Με αφορμή τις παραπάνω ανάγκες, σε αυτή τη διπλωματική εργασία έγινε προσπάθεια δημιουργίας ενός νέου πρωτοκόλλου μη καταστροφικού ελέγχου, μέσω της εφαρμογής του εξής συνδυασμού: (1). ανάπτυξη πειραματικής διάταξης για τη μέτρηση του μαγνητικού πεδίου στην επιφάνεια σιδηρομαγνητικών ελασμάτων τεχνολογικού ενδιαφέροντος (2). μικροδομικός χαρακτηρισμός των μελετηθέντων ελασμάτων (περίθλαση ακτίνων-Χ και φασματοσκοπία Mössbauer) (3). εφαρμογή μεταλλουργικών κατεργασιών στα ελάσματα. Προφανώς, το παραπάνω πειραματικό πρωτόκολλο επιδέχεται βελτίωση, καθώς αποτελεί μια αρχική προσέγγιση στη διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ της μαγνητικής και της μηχανικής συμπεριφοράς των μαγνητικώς μαλακών υλικών.

Συνολικά, διαπιστώθηκε πιθανή σύνδεση ανάμεσα στις υφιστάμενες μηχανικές τάσεις και στο παραμένον μαγνητικό πεδίο, και κατ' επέκταση στην παραμένουσα μαγνήτιση, στην επιφάνεια των μελετηθέντων δειγμάτων. Παρόλα αυτά, η εξάρτηση της παραμένουσας μαγνήτισης σε μαλακά μαγνητικά υλικά από την ύπαρξη παραμενουσών μηχανικών τάσεων είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο, το οποίο χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Βιβλιογραφία

- [1] Ηλεκτρομαγνητισμός, Μ. Πίσσας, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, (2017).
- [2] Classical Electrodynamics, J. D. Jackson, John Wiley and Sons Inc, (1962).
- [3] Εισαγωγή στην ηλεκτροδυναμική, D. J. Griffiths, Μετάφραση Σ. Αρβαντιδής, Επιμέλεια Π. Δήτσας, Χ. Κουρκουμέλη, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, (1996).
- [4] Μαγνητικά και υπεραγώγιμα υλικά, Ε. Χριστοφόρου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, (2007).
- [5] Introduction to Magnetic Materials, B. D. Cullity and C. D. Graham, Second Edition, John Wiley and Sons Inc, (2009).
- [6] Physics of Ferromagnetism, S. Chikazumi, Second Edition , Oxford University Press, (1997).
- [7] Magnetism and Magnetic Materials, J. M. D. Coey, Cambridge University Press, (2012).
- [8] Εισαγωγή στη Φυσική Στερεάς Κατάστασης, C. Kittel, Μετάφραση Χ. Παπαγεωργοπούλου, Εκδόσεις Α. Γ. Πνευματικός, 5η Έκδοση, (1979).
- [9] Electrodynamics of Continuous Media, L.D. Landau and E. M. Lifshitz, Pergamon Press, (1984).
- [10] Φυσική Στερεάς Κατάστασης: Εισαγωγή στις Αρχές της Επιστήμης των Υλικών, H. Ibach and H. Lüth, Μετάφραση Επιμέλεια Σ. Βεσ, Ε. Παλούρα, Α. Αναγνωστόπουλος, Χ. Πολάτογλου, Εκδόσεις Ζήτη, (2012).
- [11] Crystallographic Texture of Materials, S. Suwas and R.K. Ray, Springer-Verlag, (2014).
- [12] Magneto-solid Mechanics, F. C. Moon, John Wiley and Sons Inc, (1984).
- [13] Mössbauer Spectroscopy and Transition Metal Chemistry: Fundamentals and Applications, P. Gülich, E. Bill and A. X. Trautwein, Springer (2011).
- [14] Le Journal de Physique et le radium, W. Marshall and E. Johnson, p.23,733, (1962).
- [15] Physica B, Rodriguez-Carvajal, p.192,55, (1993).
- [16] FullProf suite of programs, <https://www.ill.eu/sites/fullprof/php/reference.html>; Study of Microstructural Effects by powder diffraction using the program Fullprof, Juan Rodríguez-Carvajal.
- [17] X-Ray Optics - The Diffraction of X-Rays by Finite and Imperfect Crystals, A. J. C. Wilson, John Wiley and Sons Inc, (1962). The diffraction of x-rays by distorted crystal aggregates-I, A. R. Stokes and A. J. C. Wilson, Proc. Phys. Soc. London **56**, 174 (1944).
- [18] X-ray line broadening from filed aluminium and wolfram, G. K. Williamson, W. H. Hall, Acta Metallurgica, **1**, 22 (1953).