



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΤΡΙΒΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΩΝ ΚΑΡΒΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΤΙΤΑΝΙΟΥ

Συγγραφέας: Γαλάκος Νικηφόρος (Α.Μ.: 46146758)

Επιβλέπων: Αθανάσιος Μουρλάς



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

Diploma Thesis

TRIBOLOGICAL BEHAVIOUR OF MMC COATINGS WITH TIC REINFORCEMENT

Student: Galakos Nikiforos (register no: 46146758)

Supervisor: Athanasios Mourlas



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΡΙΒΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΥΝΘΕΤΩΝ
ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ
ΚΑΡΒΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΤΙΤΑΝΙΟΥ

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/Α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1.	Πανδώρα Ψυλλάκη	Καθηγήτρια	
2.	Γεράσιμος Παναγιωτάτος	Καθηγητής	
3.	Αθανάσιος Μουρλάς	Διδάσκων μέσω προγράμματος ΕΣΠΑ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Γαλάκος Νικηφόρος του Πέτρου, με αριθμό μητρώου 46146758, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Αιγάλεω, Ιούλιος 2023

Ο Αιτών

ΓΑΛΑΚΟΣ ΝΙΚΗΦΟΡΟΣ
(υπογραφή)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την παρακάτω διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τον επιβλέποντα καθηγητή ,Κύριο Μουρλά Αθανάσιο (Διδάσκων μέσω προγράμματος ΕΣΠΑ) της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας και για τον αμέτρητο χρόνο που αφιέρωσε καθ' όλη την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και την κα. Ψυλλάκη Πανδώρα, καθηγήτρια του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για την πολύτιμη βοήθειά της και τις χρήσιμες συμβουλές της.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την βελτίωση χάλυβα κατασκευών με σωματίδια (καρβίδια του τιτανίου-TiC) με την βοήθεια δεσμών υψηλής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα ως δέσμη υψηλής ενέργειας θα χρησιμοποιηθεί το ηλεκτρικό τόξο από μηχανή συγκόλλησης GMAW (Gas metal arc welding) όπου στην συνέχεια οι ιδιότητες των επιστρωμάτων θα αξιολογηθούν με μεταλλογραφικό έλεγχο, με δοκιμές τριβής-φθοράς καθώς επίσης και με έλεγχο της κατεργασιμότητάς τους.

Το περιεχόμενο της παρακάτω Διπλωματικής Εργασίας χωρίζεται σε δύο κύρια τμήματα, στο θεωρητικό και πειραματικό μέρος καθώς περιλαμβάνει την περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας και την παρουσίαση και αξιολόγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων.

- Στο θεωρητικό μέρος συλλέγεται βιβλιογραφικό υλικό για την επιφανειακή βελτίωση του χάλυβα από όλες τις εφαρμοσμένες μεθόδους που ισχύουν μέχρι σήμερα, σε συνδυασμό με μια αναλυτική μελέτη εστιάζοντας στα καρβίδια του τιτανίου και τις μεθόδους επιφανειακής βελτίωσης του χάλυβα.
- Στο δεύτερο μέρος της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται αρχικά η πειραματική διαδικασία που διεξήχθη αναφέροντας πρώτες ύλες, μηχανές συγκόλλησης, τριβολογικές μηχανές και στη συνέχεια αξιολογούνται τα αποτελέσματά της.

ABSTRACT

This thesis concerns the improvement of structural steels with particles (titanium carbides-TiC) with the help of high energy bonds. More specifically, the electric arc from a GMAW (Gas metal arc welding) welding machine will be used as a high-energy beam, where the coatings will then be evaluated with metallographic control, with friction-wear tests as well as with the control of their processing.

The content of the Diploma Thesis is divided into two main sections, the theoretical part and the experimental part where it includes the description of the experimental process and the presentation and evaluation of the experimental results.

- In the theoretical part, bibliographic material is collected for the surface improvement of steel from all the applied methods that apply until today, in combination with a detailed study focusing on titanium carbides.
- The second part of the diploma thesis initially presents the experimental procedure that was carried out by mentioning raw materials, welding machines, tribological machines and then its results are evaluated.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΕΙΚΟΝΕΣ-ΣΧΗΜΑΤΑ	10
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	14
ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	15
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	18
1.1 Χάλυβας.....	18
1.2 Επιφανειακή κατεργασία χάλυβα	21
1.3 ΑΝαγομωση χαλυβα	23
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	25
2.1 Καρβίδια.....	25
2.2 Καρβίδια τιτανίου	27
2.3 Επικάλυψη με βάση το καρβίδιο.....	33
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	37
3.1 Τεχνική GMAW.....	37
3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ GMAW	39
3.3 τεχνική fcaw.....	41
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	43

παλαιότερες ερευνητικές εργασίες	43
4.1 Επικάλυψη καρβιδίου tic για βελτίωση των χαρακτηριστικών της επιφανείας, της αντοχής στη φθορά και στη διάβρωση των σφαιροειδών χυτοσιδήρων γραφίτη	43
4.2 Σύνθετη επίστρωση fecral/tic με λέιζερ σε μαρτενσιτικό χάλυβα: σημαντική βελτίωση των κόκκων και ενίσχυση της αντοχής στη φθορά που προκαλείται με την προσθήκη tic	45
4.3 TiC κεραμική επίστρωση ενισχυμένη με εξαρτήματα από ανοξείδωτο χάλυβα 304 κατασκευασμένα από ολοκληρωμένη υβριδική κατασκευή waam-lc	48
πειραμαΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	51
5.1 Μέταλλο βάσης.....	51
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	53
5.2 Ηλεκτρόδιο	53
5.3 CNC Παντογράφος 3-αξονων	54
5.3 Μηχανή συγκόλλησης MIG/MAG	56
5.4 Σκληρόμετρο.....	59
5.5 Φασματογράφος XRF.....	61
5.6 Ultrasonic testing (UT).....	62
5.7 Πειραματικός εξοπλισμός μελέτης τριβής	64
πειραματικο μερος	70
κεφαλαιο 6	70
6.1 Στάδια πειραματικής διαδικασίας	70
ΜΕΛΕΤΗ ΦΘΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	77
6.2 Τριβολογική συμπεριφορά αναγομωμένου δοκιμίου	78
6.4 τριβολογική συμπεριφορά s235	80

6.4 Σύγκριση s235 με αναγομωμένο χάλυβα.....	82
συπερασματα.....	88
βιβλιογραφια	89

ΕΙΚΟΝΕΣ-ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 2.1 Καρβίδια Τιτανίου

Σχήμα 2.2 Σκόνη καρβιδίων Τιτανίου

Σχήμα 2.3 Κατηγορίες καρβιδίων Τιτανίου σύμφωνα με το μέγεθος των κόκκων

Σχήμα 2.4 Κατηγορίες κόκκου καρβιδίου

Σχήμα 2.5 Κοπτικά εργαλεία από Tic

Σχήμα 2.6 Διαδικασία παραγωγής Καρβιδίου σύμφωνα με το εργοστάσιο την εταιρίας BOSCH

Σχήμα 3.1 Αναπαράσταση τεχνικής GMAW

Σχήμα 3.2 Διάταξη-Μέρη μηχανής συγκόλλησης

Σχήμα 3.3 Διασπορά εξωτερικά τροφοδοτούμενων σωματιδίων καρβιδίου, με συμβατική τεχνική FCA

Σχήμα 4.1 Επιφανειακή όψη δειγμάτων πριν και μετά τις διεργασίες προ-επικάλυσης.

Σχήμα 4.2 Όψη SEM φθαρμένης επιφάνειας α) 250× β) 1000× και γ) 2000× και δ) Ανάλυση EDS δείγματος επικαλυμμένου με TiC 900-4 ωρών που υποβλήθηκε σε δοκιμή φθοράς σε απόσταση ολίσθησης 250 m.

Σχήμα 4.3 Μικροδομές του υποστρώματος: (α) εικόνα ECCI. (β) δευτερεύουσα εικόνα ηλεκτρονίων. (γ) Χάρτης IPF με όρια με LAGB και HAGB που απεικονίζονται με γκρι και μαύρες γραμμές, αντίστοιχα. (δ) χαρακτηριστικά λανθασμένου προσανατολισμού.

Σχήμα 4.4 Παρατηρήσεις SEM χαμηλής μεγέθυνσης των φθαρμένων επιφανειών σε (α) υπόστρωμα, (γ) FeCrAl και (ε) δείγματα FeCrAl/TiC. (b, d και f) μεγεθυμένες όψεις των περιοχών B, D και F στα (a, c και e), αντίστοιχα.

Σχήμα 4.5 Σχηματικό διάγραμμα της πειραματικής πλατφόρμας.

Σχήμα 4.6 Δείγμα κατασκευής υβριδικού 304-TiC: (α) Επικάλυψη LC TiC επιφάνειας μπλοκ 304 WAAM, (β) Σχέδιο κοπής δείγματος δοκιμής μικροδομής και μηχανικών ιδιοτήτων

Σχήμα 4.7 Μικροδομή του μεσαίου τμήματος της επικάλυψης: (α) μικροδομή κάθε τύπου TiC, (β) θέση ανάλυσης EDS, (γ) Δεδομένα σάρωσης γραμμής EDS.

Σχήμα 5.1 CNC παντογράφος 3-αξόνων

Σχήμα 5.2 Πειραματική διάταξη (προσαρμογή ηλεκτροσυγκόλλησης MIG στον παντογράφο CNC)

Σχήμα 5.3 Απεικόνιση αρχείου για την έναρξη λειτουργίας

Σχήμα 5.4 software CNC παντογράφου για την ακολουθία εντολών

Σχήμα 5.5 Εμπρόσθια όψη μηχανής συγκόλλησης

Σχήμα 5.6 Οπίσθια όψη μηχανής συγκόλλησης

Σχήμα 5.7 Φιάλη αερίου Argon

Σχήμα 5.8 Σκληρόμετρο OMAG 206 EX - Hardness Tester.

Σχήμα 5.9 Φασματογράφος OES PMI-MASTER Pro2 HITACHI

Σχήμα 5.10 Αρχή του ελέγχου υπερήχων. ΑΡΙΣΤΕΡΑ: Ένας ανιχνευτής στέλνει ένα ηχητικό κύμα σε ένα υλικό δοκιμής. Υπάρχουν δύο ενδείξεις, η μία από τον αρχικό παλμό του καθετήρα και η δεύτερη λόγω της ηχώ του πίσω τοιχώματος. Δεξιά: Ένα ελαττώμα δημιουργεί την τρίτη ένδειξη και ταυτόχρονα μειώνει το πλάτος της ένδειξης του πίσω τοιχώματος. Το βάθος του ελαττώματος προσδιορίζεται από την αναλογία D/Ep

Σχήμα 5.11 ultrasonic Masterscan D-70

Σχήμα 5.12 Διάταξη μηχανή ξηρής εκτριβής

Σχήμα 5.13 Μέρη πειραματικής μηχανής

Σχήμα 5.14 Τριβόμετρο pin-on-disc της CSM Instruments

Σχήμα 6.1 Διάγραμμα V-A

Σχήμα 6.2 Διάταξη CNC παντογράφου με την MIG

Σχήμα 6.3 Εικόνες πριν και μετά την κοπή με Laser

Σχήμα 6.4 Πλάνη κοπής 2-αξόνων

Σχήμα 6.5 Πλάγια όψη του δοκιμίου μετά την χημική προσβολή

Σχήμα 6.6 Διάταξη ultrasonic testing

Σχήμα 6.7 Πειραματική μηχανή ανάλυσης XRF

Σχήμα 6.8 Απεικόνιση διαδικασίας σκληρομέτρησης

Σχήμα 6.9 Τοποθέτηση δοκιμίου στην Μηχανή ξηράς εκτριβής

Σχήμα 6.10 Τοποθέτηση δοκιμίου στο τριβόμετρο pin-on-disk

Σχήμα 6.11 Διάγραμμα όγκου φθοράς (mm) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps)
FCAW

Σχήμα 6.12 Διάγραμμα βάθους φθοράς (mm) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps)
FCAW

Σχήμα 6.13 Διάγραμμα συντελεστή φθοράς ($mm^3/Laps$) συναρτήσει των συνολικών στροφών
(Laps) FCAW

Σχήμα 6.14 Διάγραμμα όγκου φθοράς (mm^3) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps)
S235

Σχήμα 6.15 Διάγραμμα βάθους φθοράς (mm) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps)
S235

Σχήμα 6.16 Διάγραμμα συντελεστή φθοράς ($mm^3/Laps$) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps) S235

Σχήμα 6.17 Διάγραμμα σύγκρισης Βάθους φθοράς (mm) συναρτήσει του φορτίου (N)

Σχήμα 6.18 Διάγραμμα σύγκρισης Όγκου φθοράς (mm^3) συναρτήσει του φορτίου (N)

Σχήμα 6.19 Διάγραμμα σύγκρισης συντελεστή φθοράς ($mm^3/Laps$) συναρτήσει του φορτίου (N)

Σχήμα 6.20 Διάγραμμα σύγκρισης μέσου όρου όγκου φθοράς (mm^3) συναρτήσει του φορτίου (N)

Σχήμα 6.21 Διάγραμμα σύγκρισης μέσου όρου βάθους φθοράς (mm) συναρτήσει του φορτίου (N)

Σχήμα 6.22 Διάγραμμα σύγκρισης μέσου όρου συντελεστή φθοράς ($mm^3/Laps$) συναρτήσει του φορτίου (N)

Σχήμα 6.23 Διάγραμμα συντελεστή τριβής μ συναρτήσει συνολικές στροφές (Laps) για την τεχνική FCAW

Σχήμα 6.24 Διάγραμμα συντελεστή τριβής μ συναρτήσει συνολικές στροφές (Laps) για τον S235

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 5.1.1 Χημική σύσταση χάλυβα S235

Πίνακας 5.1.2 Σύγκριση χημικής σύνθεσης

Πίνακας 5.1.3 Μηχανικές ιδιότητες μετάλλου βάσης για ονομαστικό πάχος 16mm

Πίνακας 5.2.1 Χημική σύσταση ηλεκτροδίου

Πίνακας 5.2.2 Προτεινόμενες ρυθμίσεις σύμφωνα με το κατασκευαστή

Πίνακας 5.4 Χαρακτηριστικά OMAG 206 EX

Πίνακας 6.1.1 Αποτελέσματα XRF ανάλυσης

Πίνακας 6.1.2 Απώλεια μάζας δοκιμίων

ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

C	Άνθρακας
Mn	Μαγγάνιο
Cr	Χρόμιο
Mo	Μολυβδένιο
Oc	Βαθμοί Κελσίου
B4C	Καρβίδιο του Βορίου
Co	Κοβάλτιο
Ni	Νικέλιο
Tic	Καρβίδια Τιτανίου
F	Βαθμοί Φάρεναιτ
Knoop	Δοκιμή σκληρότητας
CNC	Computerized Numerical Control
Hardox	Εμπορική ονομασία αντιτριβικού χάλυβα
MIG	Metal Inert Gas
MAG	Metal Active Gas
FCAW	Flux-Cored Arc Welding
S235	Ονομασία κοινού χάλυβα
SAW	Shield Arc Welding

SEM	Μικροσκόπιο Σάρωσης
XPD	Περίθλαση Ακτίνων Χ
EDS	Στοιχειακός αναλυτής
SGI	Σφαιροειδής χυτοσίδηρος γραφίτης
WAAM	Wire Arc Additive Manufacturing
LC	Laser cladding
HRC	Μονάδα μέτρησης σκληρότητας
Mach	Microservices-based, API-first, Cloud-native, and Headless

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας, η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού σε συνάρτηση με την ανάγκη για βελτίωση των συνθηκών ζωής σε καθημερινή βάση, είχε ως αποτέλεσμα τη διόγκωση των ποσών ενέργειας δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό, μια ενεργειακή κρίση. Έτσι, και η βιομηχανία με τους γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης έχει θέσει υψηλούς στόχους για την βελτίωση των μετάλλων, επικεντρώνοντας στον χάλυβα καθώς αποτελεί ένα από τα κύρια υλικά όλης της βιομηχανίας.

Στην μεταλλική επιφάνεια, η απώλεια υλικού, η διάβρωση και η φθορά προκαλούνται συνήθως από κακή απόδοση επίστρωσης επιφανείας, η οποία μειώνει την διάρκεια ζωής και την σταθερότητα εργασίας των μηχανημάτων. Η επίστρωση αποτελεί ένα αποτελεσματικό μέσο για την προστασία μετάλλων. Με όλες αυτές τις τεχνικές επιφανειακής κατεργασίας καταφέρνουμε να μειώσουμε το κόστος παραγωγής, της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και να λύσουν αποτελεσματικά τις ανάγκες στην βιομηχανία του χάλυβα.

Ποικίλα σωματίδια καρβιδίου, νιτρίδιου αλλά και πυριτίου χρησιμοποιούνται συνήθως ως ενισχυτικά στοιχεία επικάλυψης για την αποφυγή και την καθυστέρηση αστοχιών. Οι επικαλύψεις με βάση το καρβίδιο χαρακτηρίζονται από ευχάριστη ομοιομορφία, εξαιρετική προστασία, αυξημένη αντοχή στη φθορά και μακροχρόνια διάρκεια ζωής. Λόγω της υψηλής σκληρότητας, της αντοχής σε διάβρωση, οξείδωση αλλά και στην αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Περιληπτικά, τα καρβίδια καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα προοπτικών εφαρμογής στον τομέα της επικάλυψης επιφανειών υλικού.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΧΑΛΥΒΑΣ

Ο χάλυβας είναι ένα κρίσιμο και ευρέως χρησιμοποιούμενο κράμα σιδήρου, το οποίο χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές. Είναι ένα υλικό με εξαιρετικά ισχυρές μηχανικές ιδιότητες, όπως αντοχή στην τάση, σκληρότητα και ανθεκτικότητα στη φθορά. Ας εξετάσουμε πιο αναλυτικά τις ιδιότητες, την ιστορία, την παραγωγή και τις εφαρμογές του χάλυβα. Ο χάλυβας αποτελείται κυρίως από σίδηρο (Fe) και άλλα στοιχεία όπως άνθρακας (C), μαγγάνιο (Mn), χρώμιο (Cr), νικέλιο (Ni) και μολυβδαίνιο (Mo), τα οποία προσδίδουν τις μηχανικές ιδιότητες και οι ποσότητες αυτών των στοιχείων καθορίζουν τον τύπο και τις ιδιότητες του.

Η ιστορία του αρχίζει από την αρχαιότητα. Οι αρχαίοι Έλληνες και Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν απλά στοιχεία σιδήρου για την κατασκευή όπλων και εργασιών. Η εξέλιξη του όμως δεν άργησε να έρθει σημαντικά μέσα στους αιώνες, καθώς η τεχνολογία προχώρησε και ανακαλύφθηκαν νέοι τρόποι παραγωγής και επεξεργασίας του υλικού. Ένα κρίσιμο βήμα στην ιστορία της παραγωγής χάλυβα ήταν η εφεύρεση της μεθόδου του ηλεκτρικού τόξου από τον Sir Henry Bessemer το 1856 και της μεθόδου του Thomas-Gilchrist το 1879. Αυτές οι μέθοδοι επέτρεψαν τη μαζική παραγωγή χάλυβα, αντικαθιστώντας σιγά σιγά την παλαιότερη διαδικασία παραγωγής με μικρότερες ποσότητες.

Μια ακόμη σημαντική πρόοδος στην παραγωγή χάλυβα ήταν η ανάπτυξη μίας μεθόδου το 1865 από τον Sir William Siemens. Αυτή η μέθοδος επέτρεπε την παραγωγή χάλυβα υψηλής ποιότητας με μεγαλύτερη ακρίβεια και συνέπεια.

Ο χάλυβας αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά υλικά κατασκευής στον κόσμο, καθώς χρησιμοποιείται σε κάθε πτυχή της ζωής μας καθημερινά. Ο χάλυβας (κοινώς ατσάλι) είναι κράμα σιδήρου-άνθρακα που περιέχει λιγότερο από 2,06% κ.β. άνθρακα, λιγότερο από 1,0% μαγγάνιο και μικρά ποσοστά πυριτίου, φωσφόρου, θείου και οξυγόνου.

Η παραγωγή του σήμερα διακρίνεται σε τρεις βασικές μεθόδους :

- Με αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων σε υψικάμινο για την παραγωγή χυτοσιδήρου, και την μετατροπή του χυτοσιδήρου σε χάλυβα μέσα σε μεταλλάκτη με εμφύσηση οξυγόνου.
- Με την άμεση αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων (δηλ. αναγωγή σε στερεά κατάσταση) σε φρεατώδη κάμινο για την παραγωγή σπογγώδους σιδήρου, και την μετατροπή του σπογγώδους σιδήρου σε χάλυβα μέσα σε καμίνι (κλίβανο) ηλεκτρικού τόξου.
- Με την ανακύκλωση και ανάτηξη παλαιού σιδήρου (σκραπ) σε καμίνι (κλίβανο) ηλεκτρικού τόξου.

Οι χάλυβες ταξινομούνται σε ποικίλες κατηγορίες αναλόγως την χημική τους σύσταση, την περαιτέρω κατεργασία τους, την κρυσταλλική τους δομή ή και την τελική τους χρήση.

Ως προς την χημική τους σύσταση, οι χάλυβες κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Κοινοί ή ανθρακούχοι χάλυβες. Εμπεριέχουν άνθρακα (έως 2,06%) και μαγγάνιο (έως 1,65%), πυρίτιο (έως 0,6%) και χαλκό (έως 0,6%). Χρησιμοποιούνται συχνά και συγκολλούνται εύκολα. Με βάση τον περιεχόμενο άνθρακα, οι κοινοί χάλυβες διακρίνονται στις εξής υποκατηγορίες:

- 1 χάλυβες χαμηλού άνθρακα ή μαλακοί χάλυβες (ποσοστό άνθρακα $C < 0,30\%$),
- 2 χάλυβες μέτριου άνθρακα (ποσοστό άνθρακα $0,30\% < C < 0,60\%$),

- 3 χάλυβες υψηλού άνθρακα (ποσοστό άνθρακα $0,60\% < C < 1,00\%$),
 - 4 Χάλυβες πολύ υψηλού άνθρακα (ποσοστό άνθρακα $1,00\% < C < 2,00\%$).
- Κραματωμένοι χάλυβες (αγγλ. alloysteels), δηλαδή κράματα σιδήρου σε συνδιασμό με άλλα μέταλλα σε σημαντική περιεκτικότητα.
 - Ελαφρά κραματωμένοι χάλυβες ή χάλυβες με χαμηλή περιεκτικότητα κραμάτωσης, που περιέχουν κυρίως χρώμιο, μολυβδαίνιο, βανάδιο, νικέλιο κ.λπ. σε συνολικό ποσοστό που δεν ξεπερνά το 10 % κ.β., όπως π.χ. οι εργαλείο χάλυβες ($0,7\% < C < 1,4\%$, $Mn < 0,3\%$)
 - Ισχυρά κραματωμένοι χάλυβες όπως για παράδειγμα οι ανοξείδωτοι χάλυβες ($Cr > 10,5\%$), οι ταχυχάλυβες ($C \sim 0,7\%$, $Cr \sim 4,0\%$, $5,0\% < Mo < 10\%$, $1,5\% < W < 18,0\%$, $0\% < Co < 8,0\%$).

1.2 Επιφανειακή κατεργασία χάλυβα

Με τις θερμικές επιφανειακές κατεργασίες επιτυγχάνεται σκλήρυνση του επιφανειακού τμήματος του χάλυβα, ενώ το εσωτερικό του μέρος παραμένει στα αρχικά επίπεδα σκληρότητας. Εφαρμόζονται με πολύ καλά αποτελέσματα σε αντικείμενα από χάλυβα και φαιό χυτοσίδηρο.

Οι επιφανειακές κατεργασίες που εφαρμόζονται στον χάλυβα αποσκοπεί στο να τον βελτιώσει έναντι:

- Φθοράς, όπου οφείλεται στην επαφή της επιφάνειας με τις επιφάνειες άλλων αντικειμένων.
- Διάβρωσης, όταν η επιφάνεια φέρεται σε υγρό περιβάλλον που δρα δυσμενώς επ' αυτής.
- Οξειδωσης, όταν η επιφάνεια βρίσκεται σε ξηρό περιβάλλον με υψηλές θερμοκρασίες που ενεργοποιεί τη χημική δράση των οξειδωτικών αερίων.
- Κόπωσης, η οποία εκδηλώνεται ως αστοχία του υλικού λόγω εναλλασσόμενης μηχανικής ή θερμικής φόρτισης.

Οι επιφανειακές κατεργασίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Κατεργασίες τροποποίησης της επιφάνειας, με τις οποίες επιτυγχάνεται μεταβολή της κρυσταλλικής δομής ή και της χημικής σύστασης της επιφάνειας, χωρίς εναπόθεση πρόσθετου υλικού σ' αυτή.

- Κατεργασίες με απόθεση υλικού, κατά τις οποίες εναποτίθεται πάνω στην υπό προστασία επιφάνεια στρώμα άλλου υλικού (επίστρωση ή επικάλυψη).

Μηχανικές επιφανειακές κατεργασίες

Εισαγωγή «επωφελών» πεδίων παραμενουσών τάσεων στην επιφάνεια του υλικού. Κρυσταλλική δομή και χημική σύσταση της επιφάνειας παραμένουν αμετάβλητες.

Είδος κατεργασίας

1. Σφαιροβολή
2. Επιφανειακή έλαση

Θερμικές επιφανειακές κατεργασίες

Επιβολή συνδυασμένων κύκλων θέρμανσης και ψύξης. Μεταβάλλεται μόνο η κρυσταλλική δομή της επιφάνειας, ενώ η χημική της σύσταση δεν αλλάζει.

Είδος κατεργασίας

1. Φλογοβαφή
2. Επαγωγική βαφή
3. Βαφή με δέσμη laser
4. Βαφή με δέσμη ηλεκτρονίων

Θερμοχημικές επιφανειακές κατεργασίες ή εμποτισμοί

Η επιφάνεια εμπλουτίζεται με άτομα άλλου στοιχείου μέσω μηχανισμών διάχυσης, με αποτέλεσμα την αλλαγή της χημικής της σύστασης.

Είδος κατεργασίας

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1.Ενανθράκωση | 6.Εναργιλίωση |
| 2.Εναζώτωση | 7.Ενσιλικώση |
| 3.Ενανθρακαζώτωση | 8.Βορίωση |
| 4.Ενδοκυάνωση | 9.Σεραρδίωση |
| 5.Εγχρωμίωση | 10.Βαναδίωση |
| 9.Σεραρδίωση | 11.Εμφύτευσηιώντων |

1.3 ΑΝΑΓΟΜΩΣΗ ΧΑΛΥΒΑ

Με τον τεχνικό όρο αναγόμεση επιφάνειας μετάλλου, εννοούμε την εναπόθεση μεταλλικής επίστρωσης διαφορετικών τεχνικών χαρακτηριστικών από το υλικό της βάσης. Η διαδικασία αυτή χρειάζεται τις περισσότερες φορές, για να πετύχουμε μεγαλύτερη αντοχή της επιφανείας και στην ουσία να επιτύχουμε μεγαλύτερη διάρκεια της ζωής της. Η επιγόμεση στις επιφάνειες γίνεται σε περιπτώσεις που έχουμε τριβή και θέλουμε να έχουμε αντοχή στην επιφάνεια του μετάλλου. Τέτοιες περιπτώσεις είναι για παράδειγμα οι επιφάνειες των κοχλιών, των σπαστήρων, των αναδευτήρων, των εκσκαφών κλπ. Επίσης επιγομώσεις γίνονται και σε εσωτερικές επιφάνειες αγωγών, βανών, κλπ. όπου ρέει υλικό το οποίο μπορεί να διαβρώσει την εσωτερική επιφάνεια.

Με τον όρο αναγόμεση μετάλλων εννοούμε την αποκατάσταση καταστραμμένης ή φθαρμένης μεταλλικής επιφάνειας, με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά που είχε πριν, με σκοπό να ξαναδοθεί προς χρήση. Τέτοια παραδείγματα είναι η αναγόμεση ενός σπασμένου γραναζιού ή εξαρτήματος ενός μηχανήματος, μια κατεστραμμένη έδρα βαλβίδων από μια κεφαλή αυτοκίνητου, μια φθαρμένη επιγομωμένη επιφάνεια από μια ράγα τρένου κλπ.

Υπάρχουν αρκετές διαδικασίες επιγώμωσης και αναγώμωσης. Αυτές μπορούν να πραγματοποιηθούν με χρήση οξυγονοασετυλίνης, με ψεκασμό, με ηλεκτρόδιο, με σύρμα , με TIG κλπ.

Μία από τις πιο δύσκολες και εξειδικευμένες διαδικασίες, είναι η TIG εσωτερικών επιφανειών. Σε αυτήν την διαδικασία δεν συγχωρούνται λάθη. Οποιοδήποτε σφάλμα είναι και μοιραίο. Η μετά τη συγκόλληση κατεργασία ενός σφάλματος είναι πολλές φορές αδύνατη λόγω της δυσκολίας πρόσβασης του σημείου και λόγω της δυσκολίας χρήσης μηχανικών μεθόδων για την εξάλειψη του σφάλματος. Δεν υπάρχει ευελιξία. Για αυτό τα συστήματα συγκόλλησης που πρέπει να χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι όχι μόνο αλάνθαστα ως προς την σταθερότητα του τόξου, την κίνηση, την ταχύτητα και την τροφοδοσία του υλικού προς εναπόθεση, αλλά και στο να παρέχουν επαναλαμβανόμενο αποτέλεσμα και όλη τη διάρκεια της διαδικασίας χωρίς να επηρεάζονται από εξωτερικούς παράγοντες όπως αυξομειώσεις του ρεύματος και αλλαγές της εξωτερικής θερμοκρασίας που θα μπορούσαν να μειώσουν τον κύκλο εργασίας και συνεπώς να ρίξουν και την απόδοση σε αντίστοιχα συστήματα της αγοράς.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Καρβίδια

Τα καρβίδια είναι ενώσεις που αποτελούνται από άνθρακα και λιγότερο ηλεκτραρνητικά στοιχεία και διακρίνονται από τους χημικούς τους δεσμούς (ιοντικούς, ομοιοπολικούς). Παρασκευάζονται γενικά από μέταλλα ή οξειδία μετάλλων σε υψηλές θερμοκρασίες (1500 °C ή υψηλότερες) συνδυάζοντας το μέταλλο με άνθρακα. Τα καρβίδια χρησιμοποιούνται σε βασικές βιομηχανικές εφαρμογές και υπάρχουν αρκετές κατηγορίες καρβιδίων οι οποίες διακρίνονται σε:

Αλατούχα καρβίδια(Saline Carbides)

Τα καρβίδια που μοιάζουν με άλατα (αλατούχα) αποτελούνται από τα πολύ ηλεκτροθετικά άτομα, όπως τα αλκαλικά, τα αλκαλικά γαιώδη και τα μέταλλα της ομάδας III, αναμεμειγμένα με άνθρακα.

Ομοιοπολικά καρβίδια(Coalent Carbides)

Τα ομοιοπολικά καρβίδια βρίσκονται στα καρβίδια του πυριτίου και του βορίου. Ο λόγος για τον οποίο τα δύο αυτά στοιχεία σχηματίζουν "ομοιοπολικά" καρβίδια οφείλεται στην παρόμοια ηλεκτραρνητικότητα και μέγεθος με τον άνθρακα. Εξαιτίας αυτού, η ένωσή τους έχει πλήρως ομοιοπολικό χαρακτήρα. Το καρβίδιο του πυριτίου έχει δύο παρόμοιες κρυσταλλικές μορφές, οι οποίες σχετίζονται και οι δύο με τη δομή του διαμαντιού. Το καρβίδιο του βορίου (B₄C), από την άλλη πλευρά, έχει μια ασυνήθιστη δομή που περιλαμβάνει εικοσαεδρικές μονάδες βορίου συνδεδεμένες με άτομα άνθρακα. Από αυτή την άποψη, το καρβίδιο του βορίου είναι παρόμοιο με τα πλούσια σε βόριο βορίδια. Τόσο το καρβίδιο του πυριτίου (επίσης

γνωστό ως καρβορουντίου) όσο και το καρβίδιο του βορίου είναι πολύ σκληρά και πυρίμαχα υλικά. Και τα δύο υλικά έχουν σημαντικές βιομηχανικές εφαρμογές.

Διαμερισματικά καρβίδια(Interstitial Carbides)

Τα διάμεσα καρβίδια περιγράφουν τα καρβίδια των μετάλλων μετάπτωσης των ομάδων IV, V και VI. Τα καρβίδια αυτά είναι μεταλλικά και πυρίμαχα. Σχηματίζονται έτσι ώστε τα άτομα άνθρακα να χωρούν σε οκταεδρικά διάκενα σε ένα στενά στοιβαγμένο μεταλλικό πλέγμα όταν η ακτίνα του ατόμου του μετάλλου είναι μεγαλύτερη από ~135 pm.

Ενδιάμεσα καρβίδια μετάλλων μετάβασης(Intermediate Transition Metal Carbides)

Στα καρβίδια ενδιάμεσων μεταβατικών μετάλλων, το ιόν του μεταβατικού μετάλλου είναι μικρότερο από τα κρίσιμα 135 pm, και οι δομές δεν είναι διάμεσες αλλά πιο πολύπλοκες. Συνήθως απαντώνται πολλαπλές στοιχειομετρίες. Για παράδειγμα, ο σίδηρος σχηματίζει διάφορα καρβίδια: Fe_3C , Fe_7C_3 και Fe_2C . Ο πιο γνωστός είναι ο τσιμεντίτης, Fe_3C , ο οποίος υπάρχει στους χάλυβες. Αυτά τα καρβίδια είναι πιο αντιδραστικά από τα καρβίδια του διάμεσου χώρου- για παράδειγμα, τα καρβίδια του Cr, Mn, Fe, Co και Ni υδρολύονται όλα από αραιά οξέα (και μερικές φορές από νερό) για να δώσουν ένα μείγμα υδρογόνου και υδρογονανθράκων. Οι ενώσεις αυτές έχουν κοινά χαρακτηριστικά τόσο με τα αδρανή διάμεσα καρβίδια όσο και με τα πιο δραστικά καρβίδια που μοιάζουν με άλατα.

2.2 Καρβίδια τιτανίου

Μια σκληρή κρυσταλλική σκόνη της σύνθεσης TiC, καρβίδιο του τιτανίου παρασκευάζεται με την αντίδραση διοξειδίου του τιτανίου και αιθάλης σε θερμοκρασίες άνω των 1800°C. Συμπυκνώνεται με κοβάλτιο ή νικέλιο για χρήση σε κοπτικά εργαλεία και για εξαρτήματα ανθεκτικά στη θερμότητα. Είναι ελαφρύτερο σε βάρος και λιγότερο δαπανηρό από το καρβίδιο του βολφραμίου, αλλά στα κοπτικά εργαλεία είναι πιο εύθραυστο. Ωστόσο, όταν συνδυάζεται με καρβίδιο βολφραμίου σε υλικά εργαλείων από πυροσυσσωματωμένο καρβίδιο, μειώνει την τάση για ρωγμές στο εργαλείο.



Σχήμα 2.1 Καρβίδια Τιτανίου



Σχήμα 2.2 Σκόνη καρβιδίων Τιτανίου

Ιδιότητες

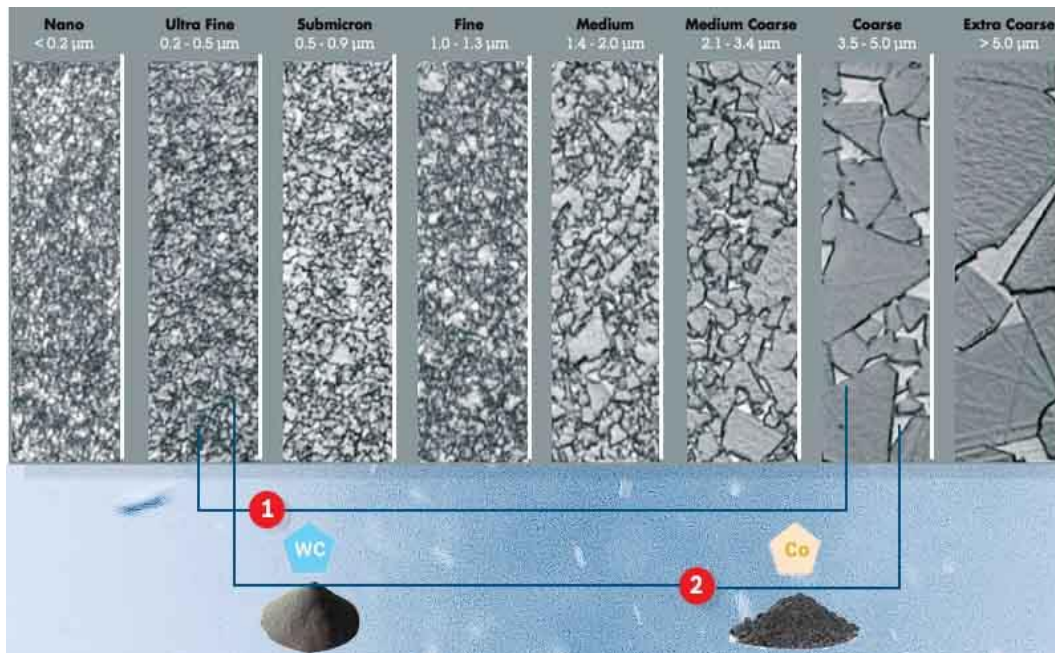
Το TiC περιέχει θεωρητικά 20,05% άνθρακα και έχει ανοιχτό μεταλλικό γκρι χρώμα. Είναι χημικά σταθερό και σχεδόν αδρανές στα υδροχλωρικά και θειικά οξέα. Σε οξειδωτικές χημικές ουσίες, όπως το βασιλικό ύδωρ και τα νιτρικά ή υδροφθορικά οξέα, το TiC είναι εύκολα διαλυτό. Διαλύεται επίσης σε αλκαλικά οξειδωτικά τήγματα. Όταν θερμαίνεται σε ατμόσφαιρες που περιέχουν άζωτο, παρατηρείται σχηματισμός νιτριδίων πάνω από τους - 1500°C. Το TiC προσβάλλεται από αέριο χλώριο και οξειδώνεται εύκολα στον αέρα σε υψηλές θερμοκρασίες.

Η πυκνότητα του TiC είναι 4,94 g/cm³, η σκληρότητα Mohs είναι 9+, η μικροσκληρότητα είναι 3200 kg/mm² και το μέτρο ελαστικότητας είναι 309,706 MPa. Το μέτρο θραύσης σε θερμοκρασία δωματίου έχει αναφερθεί ως 499,8 έως 843,2 MPa για υλικά που έχουν πυροσυσσωματωθεί σε θερμοκρασία 2600 έως 3000°C. Οι τιμές του ορίου θραύσης δίνονται ως 107,78 έως 116,96 MPa στους 982°C και 54,4 έως 63,92 MPa στους 2200°C.

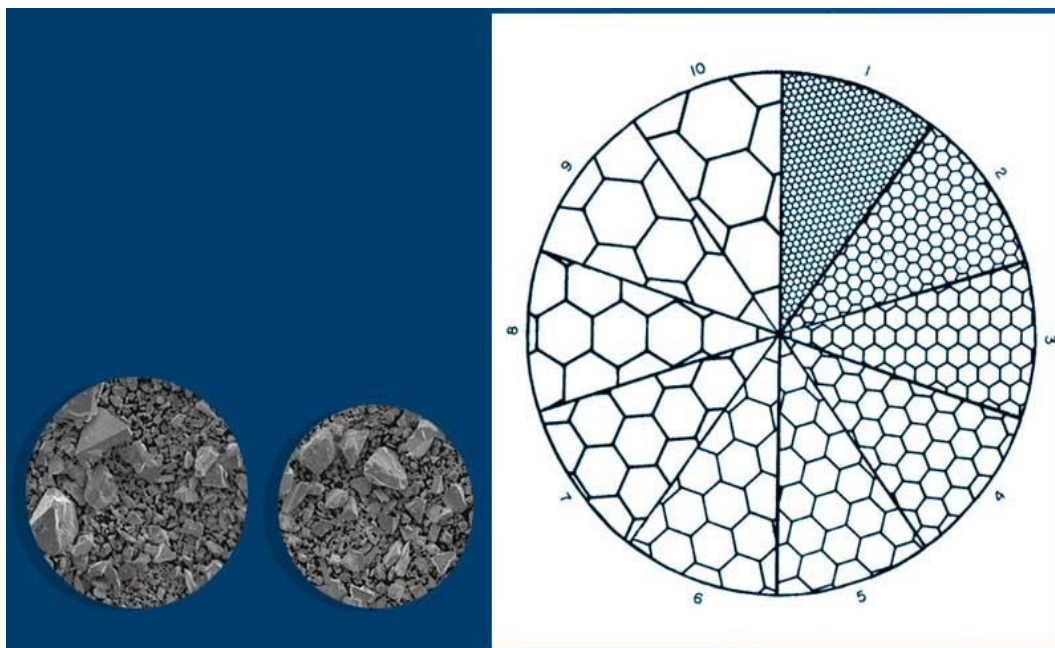
Το σημείο τήξης του TiC είναι 3160°C και η ειδική ηλεκτρική αντίσταση σε θερμοκρασία δωματίου είναι 180 έως 250 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αγωγός σε υψηλές θερμοκρασίες. Ο συντελεστής θερμικής διαστολής μεταξύ θερμοκρασίας δωματίου και 593°C είναι $4,12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{F}$. Η θερμική αγωγιμότητα είναι 0,041 cal/cm s/°C.

Ποιότητες

Υπάρχουν αρκετές ποιότητες καρβιδίου τιτανίου οι οποίες διακρίνονται σύμφωνα με την αναλογία σκληρομετάλλου και το μέγεθος των κόκκων του, με την κλίμακα να ξεκινάει από το 1 και να φτάνει στο 10, την αναλογία κοβαλτίου όπου είναι το συνδετικό υλικό (λευκό μέταλλο), οι ποιότητες καρβιδίου ποικίλλουν από μικροδομή «Nano», μέχρι μικροδομή «Extra Coarse» (υψηλής τραχύτητας).



Σχήμα 2.3 Κατηγορίες καρβιδίων Τιτανίου σύμφωνα με το μέγεθος των κόκκων



Σχήμα 2.4 Κατηγορίες κόκκου καρβιδίου

Βαθμοί και χρήσεις

Ένα κοπτικό εργαλείο γενικής χρήσης αυτού του τύπου περιέχει περίπου 82% καρβίδιο βολφραμίου, 8% καρβίδιο τιτανίου και 10% συνδεδετικό υλικό κοβαλτίου. Το Kentanium είναι καρβίδιο τιτανίου σε διάφορες ποιότητες με έως και 40% κοβάλτιο ή νικέλιο ως συνδεδετικό υλικό, το οποίο χρησιμοποιείται για εξαρτήματα υψηλής θερμοκρασίας, ανθεκτικά στη διάβρωση. Για υψηλότερη αντοχή στην οξείδωση χρησιμοποιείται μόνο περίπου 5% συνδεδετικό υλικό κοβαλτίου. Άλλες ποιότητες με 20% κοβάλτιο χρησιμοποιούνται για εξαρτήματα όπου απαιτούνται υψηλότερες αντοχές και αντοχή σε κρούσεις και οι θερμοκρασίες είναι κάτω από περίπου 982°C. Το υλικό αυτό έχει αντοχή σε εφελκυσμό 310 MPa, αντοχή σε θλίψη 3789 MPa και σκληρότητα Rockwell A90. Ένα άλλο για αντοχή σε λιωμένο γυαλί ή αλουμίνιο έχει συνδεδετικό υλικό 20% νικέλιο.

Ένα κράμα καρβιδίου τιτανίου για μύτες εργαλείων έχει 80% καρβίδιο τιτανίου διασκορπισμένο σε συνδεδετικό υλικό από 10% νικέλιο και 10% μολυβδαίνιο. Το υλικό έχει σκληρότητα Rockwell A93 και πυκνή, λεπτόκοκκη δομή. Το Ferro-Tic έχει το καρβίδιο τιτανίου συνδεδεμένο με ανοξειδωτο χάλυβα. Έχει σκληρότητα Rockwell C55. Το καρβίδιο για κατεργασία είναι καρβίδιο τιτανίου σε μήτρα από χάλυβα εργαλείων Ferro-Tic C. Οι σωλήνες καρβιδίου τιτανίου παράγονται σε στρογγυλή ή ορθογώνια μορφή διαμέτρου 0,25 έως 7,6 cm. Κατασκευάζεται με εναπόθεση του καρβιδίου από ατμό χωρίς συνδεδετικό υλικό. Ο σωλήνας έχει σκληρότητα άνω των 2000 Knoop και σημείο τήξης 3249°C.

Οι μονοκρυσταλλοί καρβιδίου του τιτανίου που αναπτύσσονται έχουν τη σύνθεση TiC_{0.94}, με 19% άνθρακα. Το σημείο τήξης είναι 3250°C, η πυκνότητα 4,93, η σκληρότητα Vickers 3230. Το υλικό βρίσκει νέες χρήσεις σε εξαρτήματα cermet, όπως πτερύγια κινητήρων αεριοθούμενων αεροσκαφών και εργαλειοθήκες καρβιδίου με τσιμέντο. Το καρβίδιο του τιτανίου έχει σχετικά χαμηλή ειδική ηλεκτρική αντίσταση (1×10^{-4}) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αγωγός του ηλεκτρισμού, ιδίως σε υψηλές θερμοκρασίες.

Η εξαιρετική σκληρότητα του καρβιδίου τιτανίου το καθιστά κατάλληλο για εξαρτήματα ανθεκτικά στη φθορά, όπως ρουλεμάν, ακροφύσια, κοπτικά εργαλεία κ.λπ. Χρησιμοποιείται επίσης για ειδικά πυρίμαχα υλικά είτε σε ουδέτερες είτε σε αναγωγικές συνθήκες.

Παραδείγματα χρήσης καρβιδίου τιτανίου σε κοπτικά εργαλεία:



Τρυπάνι καρβιδίου



Σβουράκι καρβιδίου με επικάλυψη τιτανίου



Φρεζάκια Σκαψίματος Καρβιδίου HP3 SPG



Κοπτικό καρβιδίου για CNC

Σχήμα 2.5 Κοπτικά εργαλεία από TiC

Διαδικασία παρασκευής καρβιδίου

Η παραγωγή καρβιδίου του τιτανίου απαιτεί συνήθως πολύπλοκες βιομηχανικές διαδικασίες. Το τιτάριο είναι ένας σχετικά σπάνιος μεταλλικός πόρος και η παραγωγή του καρβιδίου του απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό και επιστημονική γνώση.

Γενικά, η διαδικασία παραγωγής καρβιδίου του τιτανίου περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

Εξόρυξη του ορυκτού: Οι πηγές τιτανίου περιλαμβάνουν τιτανομαγνητίτες (μια ορυκτή πηγή του τιτανίου) και άλλα μέταλλα που περιέχουν τιτάριο. Η εξόρυξη του ορυκτού γίνεται με τη χρήση εκροών και εκτοξευτήρων.

Ανακατασκευή του ορυκτού: Μετά την εξόρυξη, το ορυκτό πρέπει να υποστεί επεξεργασία για να αφαιρεθούν τα άλλα μέταλλα και οι ακαθαρσίες. Αυτή η διαδικασία μπορεί να περιλαμβάνει επεξεργασία με χημικά διαλύματα και μηχανικές μεθόδους όπως κρούση και διάλυση.

Μετατροπή σε διοξείδιο του τιτανίου: Το καθαρό τιτάριο που έχει εξαχθεί από το ορυκτό μετατρέπεται σε διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2), που είναι η πιο συνηθισμένη μορφή του τιτανίου. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει χημικές αντιδράσεις και θερμική επεξεργασία.

Μετατροπή σε καρβίδιο του τιτανίου: Το διοξείδιο του τιτανίου υποβάλλεται σε μετατροπή σε καρβίδιο του τιτανίου (TiC). Αυτή η διαδικασία γίνεται συνήθως με την ανάμιξη του διοξειδίου του τιτανίου με άνθρακα και τη θέρμανση τους σε υψηλές θερμοκρασίες.

Περαιτέρω επεξεργασία: Το καρβίδιο του τιτανίου μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία, όπως διάλυση, ρίψη και συμπίεση, για να παραχθούν τελικά προϊόντα με επιθυμητές ιδιότητες.

Επιπροσθέτως αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή καρβιδίου του τιτανίου είναι ένα εξειδικευμένο επιχείρημα και οι λεπτομέρειες της διαδικασίας μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την εφαρμογή και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται.



Σχήμα 2.6 Διαδικασία παραγωγής Καρβιδίου

2.3 Επικάλυση με βάση το καρβίδιο

Οι επιστρώσεις με βάση τα καρβίδια έχουν μελετηθεί ευρέως λόγω του υψηλού ελαστικού συντελεστή, της υψηλής σκληρότητας, της καλής θερμικής σταθερότητας, του υψηλού σημείου τήξης και του μικρού συντελεστή θερμικής διαστολής μετάλλων. Με την εμβάθυνση της έρευνας, οι ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει διάφορες μεθόδους για την προετοιμασία επικαλύψεων με βάση τα καρβίδια με αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, αντοχή στη φθορά, αντοχή στη διάβρωση και αντοχή στην ακτινοβολία, όπως χαρακτηριστικά προτύπων, ψεκασμό και υδροθερμικές μεθόδους, μέθοδο ηλεκτροχημικής εναπόθεσης, μέθοδος εναπόθεσης ατομικού στρώματος και μέθοδος ψεκασμού ιόντων μαγνητονίου κ.λπ. Ταξινόμηση επιχρισμάτων με βάση τα καρβίδια χωρίζεται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες :

1. Μέθοδος ψεκασμού

Η μέθοδος του ψεκασμού αποτελεί μια από τις πιο συχνές τεχνικές επικάλυψης και για τον λόγο αυτόν έχουν αναπτυχθεί πολλές διαφορετικές τεχνικές ψεκασμού. Γενικά στη συγκεκριμένη τεχνική γίνεται εναπόθεση σκόνης καρβιδίων η οποία κατά την στερεοποίηση της σχηματίζεται μία επικάλυψη

Πλεονεκτήματα

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές θερμικού ψεκασμού οι οποίες επιλέγονται αναλόγως των υλικών ψεκασμού. Επιπρόσθετα, το κύριο χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης τεχνικής είναι η οικονομική της απόδοση καθώς και το ευρύ φάσμα πρακτικής χρήσης της επίστρωσης.

Μειονεκτήματα

Η μέθοδοι ψεκασμού (πλάσμα, οξυγόνου υψηλής ταχύτητας, κλπ) βασίζονται σε ακριβό εξοπλισμό. Επίσης Ο ψεκασμός πλάσματος είναι επιρρεπής σε σοβαρές αντιδράσεις απαρθράκωσης και οξείδωσης λόγω υπερθέρμανσης των επικαλύψεων καρβιδίου.

Εφαρμογές

Έχει υψηλό ποσοστό εναπόθεσης και χρησιμοποιείται για παχιές επιστρώσεις. Η ποιότητα της εναπόθεσης μπορεί να αξιολογηθεί μετρώντας τη σκληρότητα, το πορώδες, την αντοχή του δεσμού, την περιεκτικότητα σε οξείδια και την τραχύτητα της επιφάνειας.

2. Υδροθερμική

Είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος χημικής αντίδρασης. Αναφέρεται σε μια μέθοδο κατά την οποία ένας διαλύτης αντίδρασης προστίθεται σε ένα κλειστό δοχείο για να αντιδράσει σε περιβάλλον υψηλής θερμοκρασίας και υψηλής πίεσης για να ληφθούν τα απαιτούμενα αντιδρώντα.

Πλεονεκτήματα

Η υδροθερμική μέθοδος είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος για την προετοιμασία ομοιόμορφων και ρυθμιζόμενων επικαλύψεων άνθρακα. Σε σύγκριση με τη διαδικασία ατμού, η υδροθερμική διαδικασία είναι απλούστερη, έχει χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον.

Μειονεκτήματα

Η υδροθερμική μέθοδος απαιτεί μεγάλους υδροθερμικούς βραστήρες υψηλής θερμοκρασίας και υψηλής πίεσης στη βιομηχανική παραγωγή, κάτι που είναι πιο επικίνδυνο. Εξακολουθεί να αποτελεί επείγουσα πρόκληση η ανάπτυξη μιας απλής μεθόδου για την προετοιμασία μιας ομοιόμορφης επίστρωσης με βάση τον άνθρακα με ρυθμιζόμενο μέγεθος και ομοιόμορφη δομή.

Εφαρμογές

Το πάχος της επικάλυψης με βάση τον άνθρακα μπορεί να πραγματοποιηθεί με προσαρμογή του χρόνου αντίδρασης.

3. Μέθοδος εναπόθεσης

Η μέθοδος εναπόθεσης μπορεί να χωριστεί σε ηλεκτροχημική εναπόθεση και εναπόθεση ατομικού στρώματος. Η ηλεκτροχημική εναπόθεση είναι η χρήση ηλεκτροχημικών μεθόδων για τον πολυμερισμό κατιόντων στο διάλυμα του ηλεκτρολύτη στην κάθοδο για να σχηματιστεί μια επικάλυψη.

Πλεονεκτήματα

Ως μέθοδος διεργασίας που μπορεί να ελέγξει με ακρίβεια το πάχος της επικάλυψης, η μέθοδος απόθεσης ατομικής στρώσης έχει δείξει μεγάλα πλεονεκτήματα στον τομέα της προετοιμασίας επικάλυψης.

Μειονεκτήματα

Η ηλεκτροχημική εναπόθεση απαιτεί το υλικό του υποστρώματος να έχει αγωγιμότητα. Η μέθοδος εναπόθεσης ατομικού στρώματος δεν έχει την ευελιξία της βιομηχανικής παραγωγής λόγω του περίπλοκου εξοπλισμού και της υψηλής τιμής της

Εφαρμογές

Συνήθως χρησιμοποιείται για την επίστρωση λεπτού στρώματος

4. Διασκορπισμός ιόντων μαγνητρονίου

Η μέθοδος εκτόξευσης ιόντων μαγνητρονίου αναφέρεται στην πλήρωση μιας κατάλληλης ποσότητας αερίου αργού σε υψηλό κενό και στη συνέχεια στην εφαρμογή τάσης συνεχούς ρεύματος αρκετών εκατοντάδων Κ μεταξύ της καθόδου και της ανόδου. Το αέριο αργό επιταχύνεται με ιονισμό για να βομβαρδίσει τον στόχο της καθόδου, προκαλώντας τα άτομα στην επιφάνεια του στόχου να εκτοξευθούν βολή στην επιφάνεια του δείγματος για να σχηματίσουν μια επικάλυψη.

Πλεονεκτήματα

Η εναπόθεση με διασκορπισμό με μαγνητρονίου έχει γίνει η πιο εκτεταμένη τεχνολογία για την εναπόθεση μετάλλων και σύνθετων φιλμ και χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές. Είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη τεχνική εναπόθεσης για τη λήψη συστηματικών επικαλύψεων με ελεγχόμενες και προσαρμοσμένες ιδιότητες. Μια μεγάλη περιοχή λείας επίστρωσης μπορεί να αποθεθεί σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και η διαδικασία εκτόξευσης έχει λιγότερους περιορισμούς στο υλικό στόχο.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

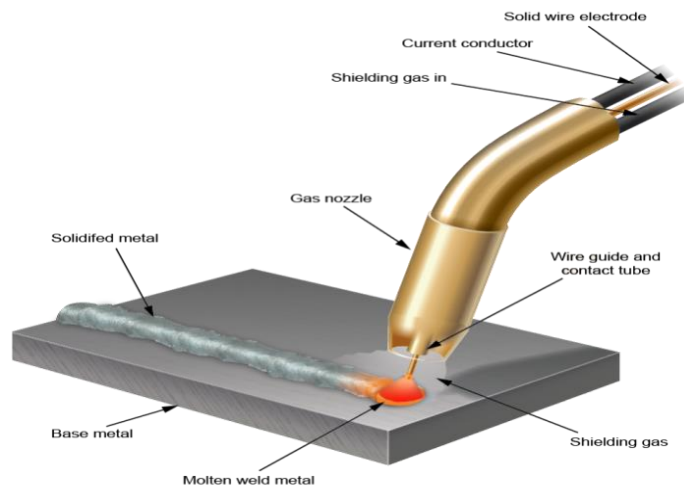
3.1 Τεχνική GMAW

Η GMAW αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1940 για τη συγκόλληση αλουμινίου και άλλων μη σιδηρούχων υλικών, αλλά χρησιμοποιήθηκε σε χάλυβες αμέσως μετά. Βρέθηκε ότι παρέχει ταχύτερη συγκόλληση σε σύγκριση με άλλες διαδικασίες.

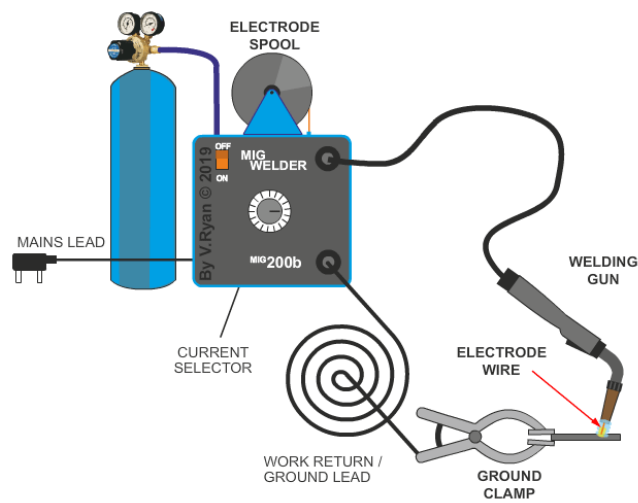
Το υψηλό κόστος του αδρανούς αερίου περιόρισε τη χρήση του σε χάλυβες έως ότου τα ενεργά αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα και τα μείγματα αργού/διοξειδίου του άνθρακα έγιναν πιο κοινά. Επί του παρόντος, το GMAW είναι η πιο κοινή βιομηχανική διαδικασία συγκόλλησης. Ευνοείται για την ευελιξία, την ταχύτητα και την ικανότητά του να προσαρμόζεται στον ρομποτικό αυτοματισμό.

Το GMAW είναι κοινώς γνωστό ως συγκόλληση μετάλλου αδρανούς αερίου (MIG) ή (MAG) συγκόλληση μετάλλων ενεργού αερίου. Ένα ηλεκτρικό τόξο δημιουργεί μια συνεχή τροφοδοσία ηλεκτροδίων που θωρακίζονται από αέριο, το οποίο εφαρμόζεται χωριστά.

Αυτή η διαδικασία απαιτεί τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας, μονάδα καλωδίου τροφοδοσίας ηλεκτροδίου και το προστατευτικό αέριο. Το μήκος του τόξου ρυθμίζεται με τη διατήρηση μιας σταθερής τροφοδοσίας τάσης σε συνδυασμό με μια μονάδα ταχύτητας τροφοδοσίας καλωδίου.



Σχήμα 3.1 Αναπαράσταση τεχνικής GMAW



Σχήμα 3.2 Διάταξη-Μέρη μηχανής συγκόλλησης

3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ GMAW

Οι τέσσερις κύριες μέθοδοι μεταφοράς μετάλλων στο GMAW είναι ο σφαιρικός, ο βραχυκύκλωμα, ο ψεκασμός και ο παλμικός ψεκασμός. Όλα αυτά έχουν ξεχωριστές ιδιότητες και φυσικά έχουν τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς τους.

Το GMAW χρησιμοποιείται κυρίως για μεταλλικά μέρη όπου είναι επιτακτική ανάγκη να ενισχυθεί η αντοχή της άρθρωσης. Προσφέρεται για μια σειρά ηλεκτροδίων με συμπαγή και μεταλλικό πυρήνα για μια σειρά μητρικών υλικών. Η διαδικασία μπορεί να τροποποιηθεί από ημιαυτόματα σε μηχανοποιημένα, σε πλήρως αυτόματα ρομποτικά συστήματα.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα στην επιλογή της μεθόδου συγκόλλησης με αέριο μέταλλο. Έχει τη δυνατότητα να παράγει υψηλής ποιότητας συγκολλήσεις, σε λογική τιμή. Γενικά, το κόστος ανά μήκος μετάλλου συγκόλλησης είναι χαμηλότερο από άλλες διαδικασίες συγκόλλησης ανοικτού τόξου. Επιπλέον, μπορεί να εφαρμοστεί σε μια σειρά μη σιδηρούχων και σιδηρούχων κραμάτων διαφορετικού πάχους.

ΚΟΣΤΟΣ

Η GMAW παράγει συγκολλήσεις υψηλής ποιότητας σε υψηλές ταχύτητες. Αν και υπάρχουν θετικά και αρνητικά στο γυμνό σύρμα GMAW, η αρχική δαπάνη για το σύρμα συμπαγούς συγκόλλησης είναι σχετικά χαμηλή σε σύγκριση με τα σύρματα FCAW ή MCAW. Η ποικιλία των μιγμάτων αερίων συγκόλλησης που είναι κατάλληλα για χρήση με το GMAW παρέχει ευελιξία σε περιοχές όπου, για παράδειγμα, ορισμένα αέρια όπως το αργό είναι ακριβά. Σε ένα

πολυσύχναστο κατάσταση με πολλούς συγκολλητές και υψηλή απόδοση, αυτά τα κόστη μπορούν να αυξηθούν πολύ γρήγορα!

Οι συγκολλητές μπορούν να συγκολλήσουν όσο γρήγορα θέλουν, καθώς δεν υπάρχει διακοπή και εκκίνηση λόγω της συνεχούς τροφοδοσίας των ηλεκτροδίων. Η δυνατότητα εύκολης μηχανοποίησης της διαδικασίας ελαχιστοποιεί επίσης την κόπωση του χειριστή και αυξάνει το τόξο στο χρόνο που μπορεί να έχει θετική επίδραση στο κέρδος.

Δεν υπάρχει δουλειά πολύ μεγάλη ή πολύ μικρή για το GMAW και μπορεί να αντικαταστήσει άλλες μεθόδους σύνδεσης όπως πριτσίνωμα, συγκόλληση, συγκόλληση αργύρου ή συγκόλληση με αντίσταση.

ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

Το λειτουργικό σύστημα για το GMAW είναι πολύ πιο αποτελεσματικό για τον συγκολλητή από άλλες μεθόδους.

Ο εξοπλισμός είναι απλός στη ρύθμιση και τον έλεγχο. ο εξοπλισμός συγκόλλησης με αέριο μέταλλο έχει σχεδιαστεί με γνώμονα τη δυνατότητα ελέγχου. Ο συγκολλητής πρέπει να παρακολουθεί μόνο τη γωνία του φακού στο υλικό, το ηλεκτρόδιο να προεξέχει, να ελέγχει την ταχύτητα διαδρομής και το σχήμα της πισίνας συγκόλλησης.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ GMAW

Το GMAW είναι λιγότερο φορητό από άλλες μεθόδους συγκόλλησης. Λόγω της απαίτησης για αέρια θωράκιση, το GMAW συνήθως εκτελείται σε κλειστούς ή μερικώς κλειστούς χώρους για να αποτραπεί η εκτόξευση του προστατευτικού αερίου. Ορισμένοι τροφοδότες καλωδίων GMAW αποσπώνται από την πηγή ενέργειας και μπορούν να μεταφερθούν σε μικρούς χώρους, αν και τα πιστόλια μπορεί να είναι ογκώδη για πρόσβαση σε στενές περιοχές συγκόλλησης.

Το GMAW χρησιμοποιεί υλικά που μπορούν να μολυνθούν εύκολα από φαινομενικά αβλαβείς ρύπους όπως η σκουριά, η βρωμιά, το χρώμα και τα σωματίδια σκόνης. Πρέπει να εφαρμόζονται κατάλληλα μέτρα καθαριότητας και συντήρησης στον όροφο του καταστήματος για την αποφυγή μόλυνσης των υλικών GMAW/MIG.

3.3 Τεχνική FCAW

Η τεχνική συγκόλλησης FCAW (Flux-Cored Arc Welding) είναι μια μέθοδος συγκόλλησης που χρησιμοποιεί ένα συμπακνωμένο πυρίτιο που περιέχει ενσωματωμένο ρευστοποιητή (flux) για να παρέχει το απαραίτητο υλικό συγκόλλησης και προστασίας από την ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

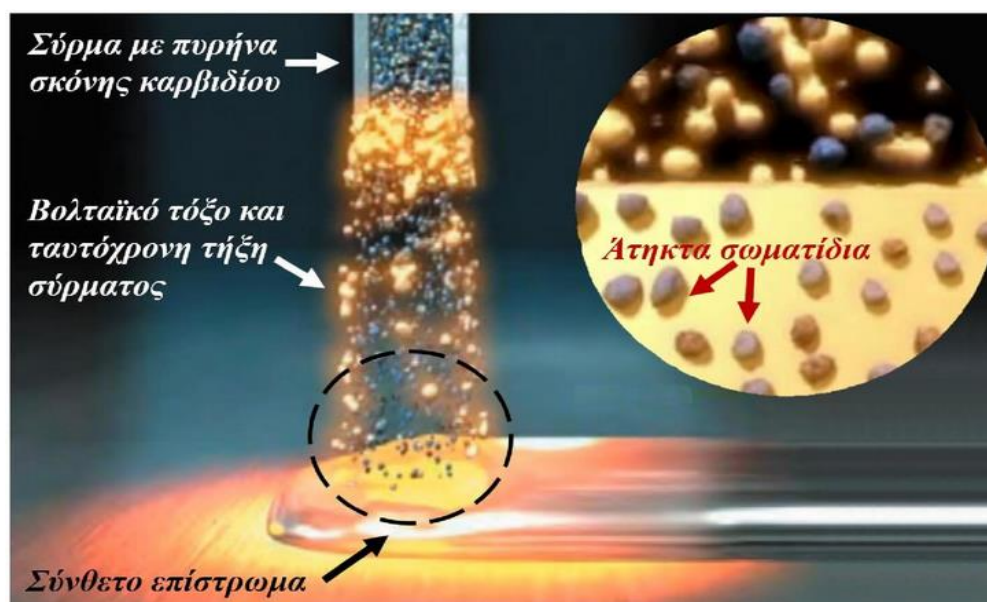
Κατά την FCAW, ένα εύκαμπτο σύρμα συγκόλλησης με πυρίτιο τοποθετείται μέσα σε ένα σύρμα τροφοδοτικού μηχανισμού. Η άκρη του σύρματος τροφοδοτείται μέσα από τον στόμιο του συγκολλητή και το σύρμα καταλήγει κοντά στο σημείο συγκόλλησης. Κατά την εκκίνηση της τάσης τόξου, ο πυρήνας του σύρματος λιώνει και δημιουργεί ένα τόξο ηλεκτρικής εκκένωσης μεταξύ του σύρματος και του κομματιού που πρόκειται να συγκολληθεί. Το τόξο αυτό παράγει θερμότητα που λιώνει τα μέταλλα και δημιουργεί τη συγκόλληση.

Το συμπακνωμένο πυρίτιο που περιέχεται στο σύρμα συγκόλλησης λιώνει και παρέχει ένα υλικό συγκόλλησης (κατάλοιπο ρευστοποιητή) που καλύπτει το λιωμένο μέταλλο, παρέχοντας προστασία από την ατμόσφαιρα. Αυτή η προστασία είναι σημαντική γιατί αποτρέπει την ανεπιθύμητη διάβρωση και απορρόφηση οξυγόνου από τη συγκολλητική ζώνη, που μπορεί να προκαλέσει αστάθεια και ελαττωματική συγκόλληση.

Η τεχνική FCAW έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Καταρχάς, επιτρέπει συγκόλληση υψηλών ποσοστών εναπόθεσης (high deposition rates) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικίλες θέσεις συγκόλλησης, συμπεριλαμβανομένων των οριζόντιων, κάθετων, και κατακόρυφων θέσεων. Επιπλέον, η FCAW είναι ευέλικτη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συγκόλληση διάφορων υλικών, συμπεριλαμβανομένων των ανοξείδωτων χάλυβων, χάλυβα υψηλής αντοχής και αλουμινίου.

Ωστόσο, όπως και με κάθε τεχνική συγκόλλησης, η FCAW έχει και ορισμένα πιθανά μειονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι ότι η διαδικασία απαιτεί μια εξοπλισμένη πηγή ισχύος συγκόλλησης, καθώς και μια πηγή αερίου για την προστασία του τόξου και τη διάλυση του πυριτίου. Αυτό σημαίνει ότι η εξοπλισμένη μονάδα πρέπει να είναι σχετικά μεγάλη και φορητή, γεγονός που μπορεί να περιορίζει την κινητικότητα και την ευελιξία σε ορισμένες εφαρμογές. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της FCAW, μπορεί να προκύψουν καπνοί, αερολύματα και απόβλητα, καθώς το συμπυκνωμένο πυρίτιο και το λιωμένο μέταλλο απελευθερώνουν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Αυτό απαιτεί τη λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας, όπως η χρήση αναρρόφησης καπνού και η επαρκής εξαερισμός του χώρου εργασίας.

Τέλος, η FCAW μπορεί να είναι ευαίσθητη σε διάφορες μορφές μολύνσεων, όπως υγρασία, σκόνη και άλλα είδη ρύπων στην επιφάνεια του συγκολλούμενου μετάλλου. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα και τη δύναμη της συγκόλλησης. Είναι σημαντικό να διατηρείται καθαρή η επιφάνεια του μετάλλου πριν από τη συγκόλληση, και επίσης να γίνεται προσεκτική επιλογή του κατάλληλου πυριτίου με τις κατάλληλες ιδιότητες για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.



Σχήμα 3.3 Διασπορά εξωτερικά τροφοδοτούμενων σωματιδίων καρβιδίου, με συμβατική τεχνική FCA

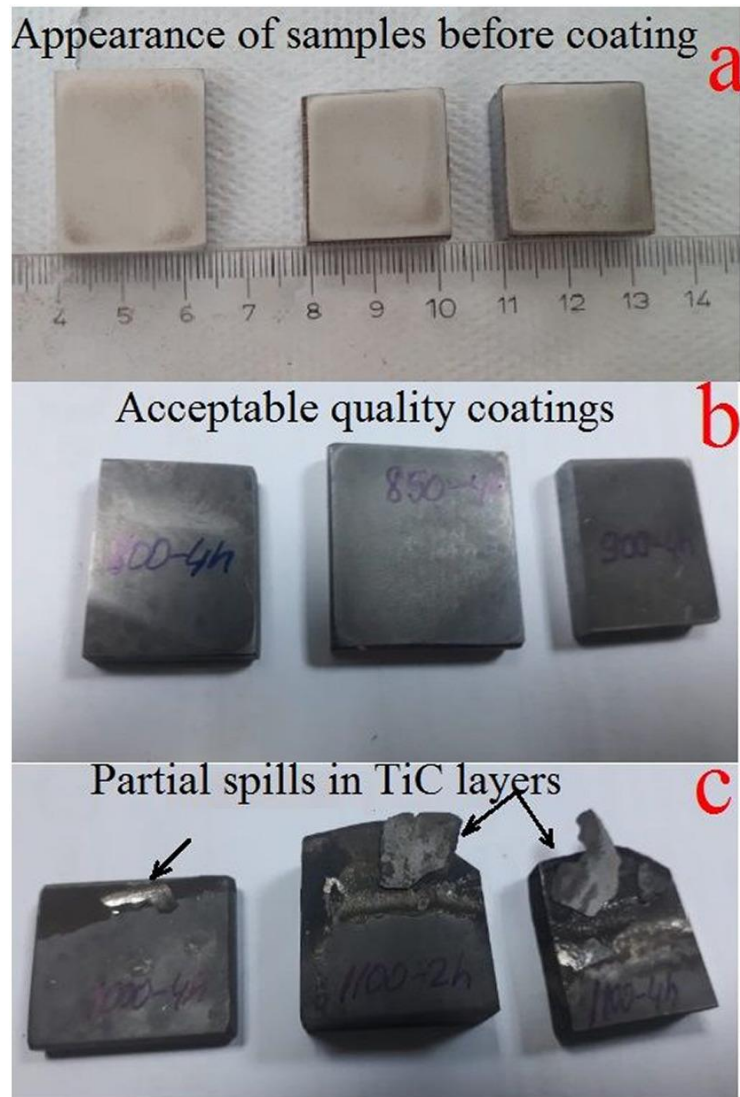
ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

4.1 Επικάλυψη καρβιδίου tic για βελτίωση των χαρακτηριστικών της επιφανείας, της αντοχής στη φθορά και στη διάβρωση των σφαιροειδών χυτοσιδήρων γραφίτη

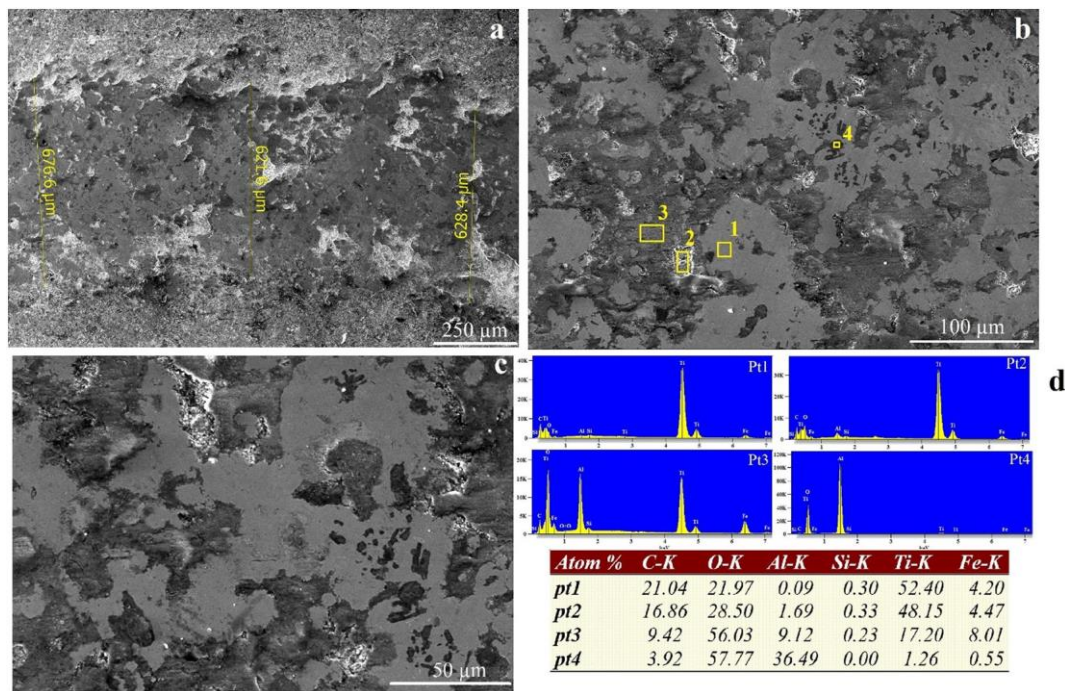
Άρθρογράφοι : Ali Günen , Betül Soylu , Özgür Karakaş

Σε αυτή τη μελέτη, επικαλύψεις καρβιδίου τιτανίου (TiC) αναπτύχθηκαν στην επιφάνεια ενός σφαιροειδούς χυτοσίδηρου γραφίτη (SGI) μέσω θερμο-αντιδρώσας διάχυσης (TRD) χρησιμοποιώντας επεξεργασία σε συσκευασία σκόνης στους 800 °C, 850 °C και 900 °C για 4 h. Οι επικαλύψεις TiC που ελήφθησαν στο SGI χαρακτηρίστηκαν από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), φασματοσκοπία ακτίνων X διασποράς ενέργειας (EDS), περίθλαση ακτίνων X (XRD), προφίλ μέτρησης επιφάνειας, μικροσκληρότητα, δοκιμή πρόσφυσης VDI, δοκιμή φθοράς και ηλεκτροχημική δοκιμή διάβρωσης. Ανάλογα με τη θερμοκρασία TRD, λήφθηκαν στην επιφάνεια συνεχείς, χωρίς ρωγμές και λείες επικαλύψεις TiC πάχους 5–11 μm και σκληρότητας 27,96–32,45 GPa. Η υψηλή χημική σταθερότητα, η υψηλή σκληρότητα και η καλή αντοχή πρόσφυσης των επικαλύψεων TiC είχαν ως αποτέλεσμα μειωμένη τριβή, υψηλή αντοχή στη φθορά και ανώτερη αντοχή στη διάβρωση σε σύγκριση με το μη επεξεργασμένο δείγμα. Λειαντική φθορά υποβοηθούμενη από αποκόλληση και οξείδωση που μετατρέπεται σε φθορά κόλλας υποβοηθούμενη από οξείδωση στα επικαλυμμένα δείγματα. Η γαλβανική διάβρωση ήταν κυρίαρχη στα μη επεξεργασμένα SGI, ενώ εμφανίστηκε

ομοιογενής διάβρωση στα επικαλυμμένα δείγματα. Οι επικαλύψεις TiC που αναπτύσσονται με χρήση TRD έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε μηχανικά εξαρτήματα που εκτίθενται σε τριβοδιαβρωτικές συνθήκες.



Σχήμα 4.1 Επιφανειακή όψη δειγμάτων πριν και μετά τις διεργασίες προ-επικάλυψης.



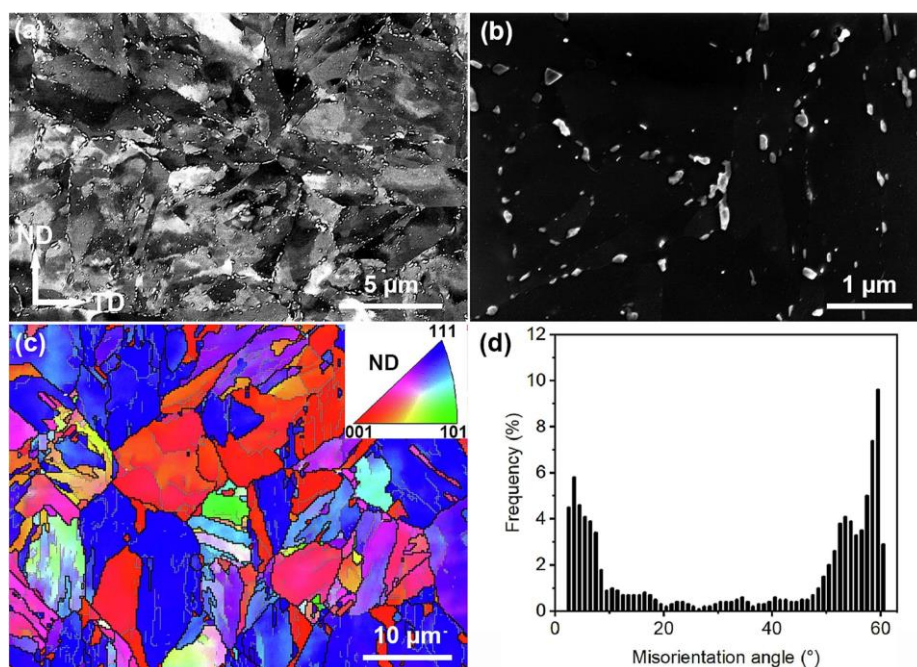
Σχήμα 4.2 Όψη SEM φθαρμένης επιφάνειας α) 250× β) 1000× και γ) 2000× και δ) Ανάλυση EDS δείγματος επικαλυμμένου με TiC 900-4 ωρών που υποβλήθηκε σε δοκιμή φθοράς σε απόσταση ολίσθησης 250 m.

4.2 Σύνθετη επίστρωση fecral/tic με λέιζερ σε μαρτενσιτικό χάλυβα: σημαντική βελτίωση των κόκκων και ενίσχυση της αντοχής στη φθορά που προκαλείται με την προσθήκη tic

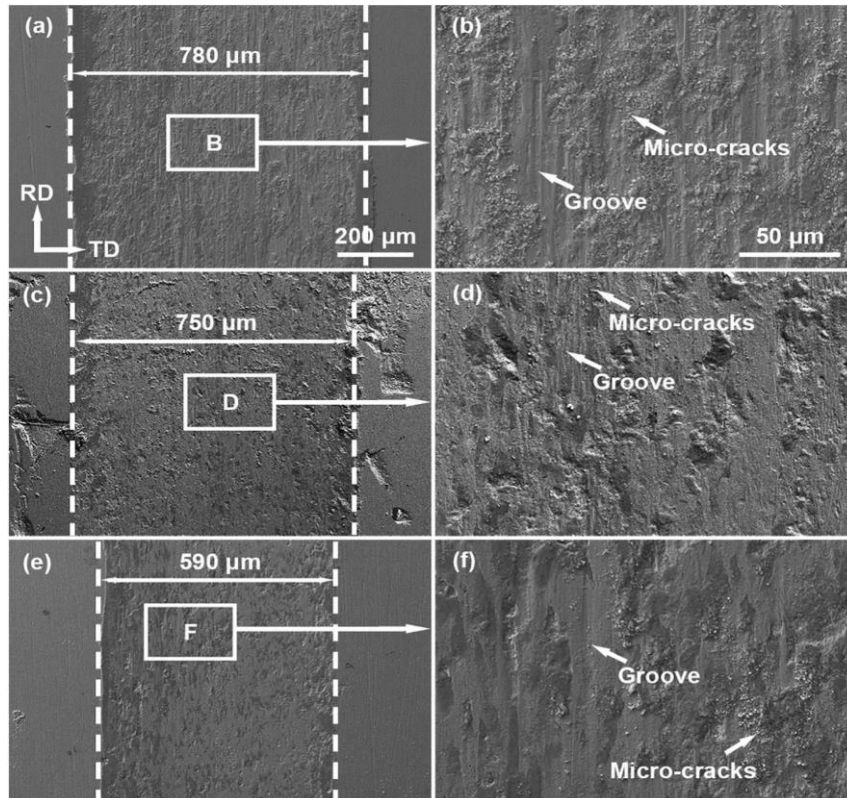
Άρθρογράφοι: Qian Yuan, Linjiang Chai, Tao Yang, Hao Wang, Jing Shen, Ning Guo, Xing Yin, Jun Xiao

Με τη χρήση επένδυσης λέιζερ, η επιφάνεια ενός χάλυβα φερριτικού/μαρτενσίτη (F/M) επικαλύφθηκε με μεταλλικές επικαλύψεις FeCrAl και σύνθετες επικαλύψεις FeCrAl/TiC με τις μικροδομές τους και την αντοχή στη φθορά τους να υπόκεινται σε ειδικούς χαρακτηρισμούς. Το πάχος της επίστρωσης FeCrAl είναι ~90 μm με τη μικροδομή της να αποτελείται κυρίως από χονδροειδείς σε στηλοειδείς κόκκους. Αντίθετα, η επίστρωση FeCrAl/TiC αποτελείται κυρίως από λεπτούς ισοαξονικούς κόκκους με πάχος ~140 μm. Αποδεικνύεται ότι η προσθήκη

TiC θα μπορούσε να οδηγήσει σε πολύ αποτελεσματική βελτίωση των κόκκων, να προωθήσει τη μορφολογία τους να μετατραπεί από στήλη σε ισόαξον και να καταστείλει τις ρωγμές στην επικάλυψη. Και τα δύο δείγματα με επένδυση λέιζερ έχουν μια ζώνη επηρεασμένη από τη θερμότητα με πάχος 35–40 μm . Οι δοκιμές φθοράς δείχνουν ότι και οι δύο επικαλύψεις έχουν πολύ μειωμένους ρυθμούς φθοράς σε σύγκριση με το υπόστρωμα και οι χαρακτηρισμοί των φθαρμένων ιχνών τους υποδηλώνουν ότι όλες έχουν ουσιαστικά μηχανισμούς λειαντικής και οξειδωτικής φθοράς. Σε σύγκριση με τη μεταλλική επίστρωση FeCrAl, η αντίσταση στη φθορά της σύνθετης επίστρωσης FeCrAl/TiC βελτιώνεται περαιτέρω σημαντικά λόγω της βελτίωσης των κόκκων που προκαλείται από το TiC.



Σχήμα 4.3 Μικροδομές του υποστρώματος: (α) εικόνα ECCI. (β) δευτερεύουσα εικόνα ηλεκτρονίων. (γ) Χάρτης IPF με όρια με LAGB και HAGB που απεικονίζονται με γκρι και μαύρες γραμμές, αντίστοιχα. (δ) χαρακτηριστικά λανθασμένου προσανατολισμού.

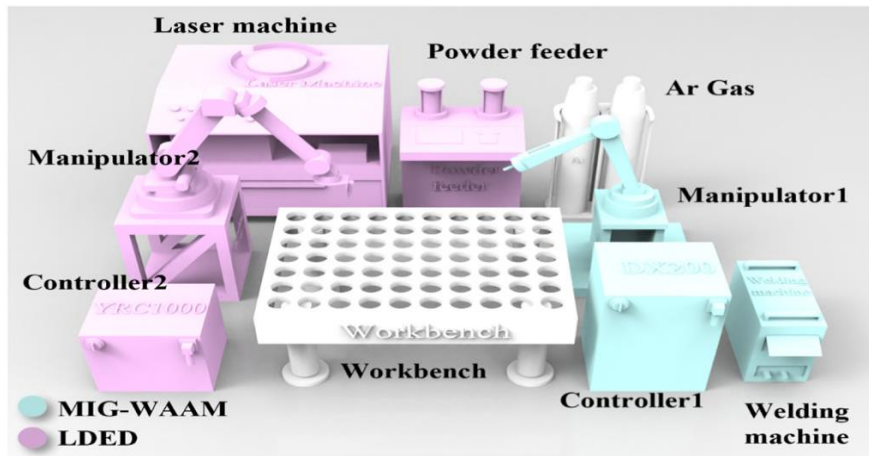


Σχήμα 4.4 Παρατηρήσεις SEM χαμηλής μεγέθυνσης των φθαρμένων επιφανειών σε (α) υπόστρωμα, (γ) FeCrAl και (ε) δείγματα FeCrAl/TiC. (b, d και f) μεγεθυσμένες όψεις των περιοχών B, D και F στα (a, c και e), αντίστοιχα.

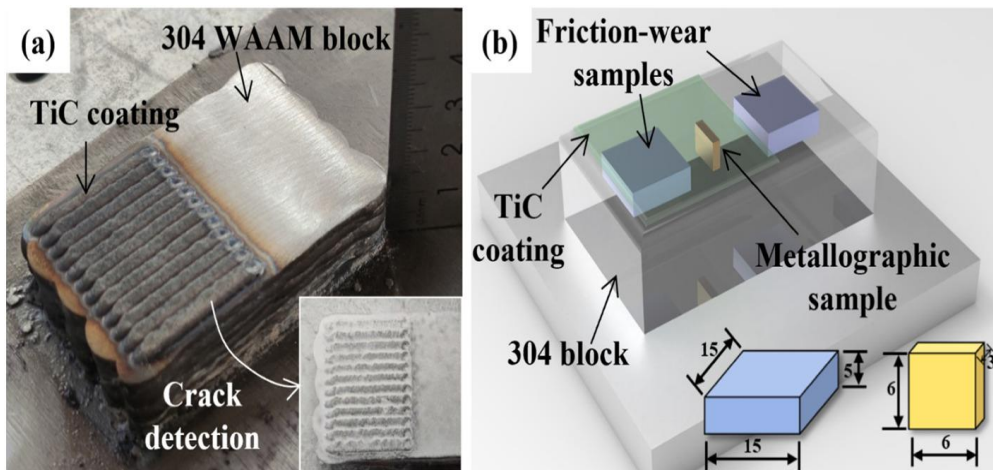
4.3 TiC Κεραμική επίστρωση ενισχυμένη με εξαρτήματα από ανοξείδωτο χάλυβα 304 κατασκευασμένα από ολοκληρωμένη υβριδική κατασκευή waam-lc

Άρθρογράφοι: Fangyong Niu, Weiming Bi, Cunxu Li, Xiong Sun, Guangyi Ma, Dongjiang Wu

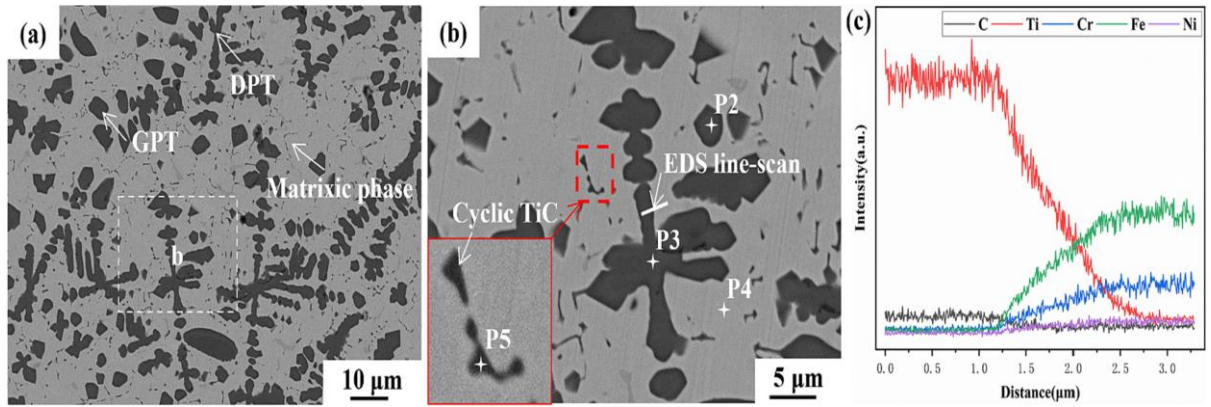
Η ανάπτυξη ολοκληρωμένων εξαρτημάτων υλικού-δομής-λειτουργίας αυξάνει τις απαιτήσεις για υβριδική τεχνολογία κατασκευής. Σε αυτή τη μελέτη αναπτύξαμε την τεχνολογία υβριδικής κατασκευής Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)-θερμικού ψεκασμού (LC) για την ολοκληρωμένη προετοιμασία 304 εξαρτημάτων ενισχυμένων με κεραμική επίστρωση TiC. Η μικροδομή και οι μηχανικές ιδιότητες του 304 WAAM και της επίστρωσης TiC διερευνήθηκαν συστηματικά. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι λαμβάνεται μια καλά συνδεδεμένη και χωρίς ελαττώματα επίστρωση. 304 Η περιοχή WAAM δείχνει δύο φάσεις γ -Fe και δ -Fe και δύο φάσεις TiC και γ -Fe ανιχνεύονται μέσα στην επικάλυψη. Τέσσερα είδη σκληρών φάσεων TiC εμφανίζονται στην περιοχή επικάλυψης. Η έντονη μεταφορά της λιωμένης δεξαμενής προάγει την ομοιόμορφη κατανομή του TiC και το αποτέλεσμα ανάδευσης προάγει επίσης την ανάπτυξη του TiC σε μη κατευθυνόμενους δενδρίτες. Η μικροσκληρότητα της επίστρωσης φτάνει το $654,7 \pm 41,0$ HV_{0,2}, το οποίο είναι 3,15 φορές υψηλότερο σε σύγκριση με το WAAM-304. Η επίστρωση αποκτά καλύτερη αντοχή στη φθορά σε σύγκριση με το WAAM-304, με 99,29 %–99,48 % λιγότερη απώλεια φθοράς. Η μελέτη δείχνει ότι η ολοκληρωμένη υβριδική κατασκευή WAAM-LC μπορεί να παράγει σύνθετα υλικά κεραμικής-μεταλλικής μήτρας με πολύπλοκες δομές. Αυτή η υβριδική διαδικασία μπορεί να προσφέρει μια νέα λύση για την κατασκευή ολοκληρωμένων εξαρτημάτων με απαιτήσεις επιφανειακής απόδοσης και μεμονωμένα δομικά χαρακτηριστικά.



Σχήμα 4.5 Σχηματικό διάγραμμα της πειραματικής πλατφόρμας.



Σχήμα 4.6 Δείγμα κατασκευής υβριδικού 304-TiC: (α) Επικάλυψη LC TiC επιφάνειας μπλοκ 304 WAAM, (β) Σχέδιο κοπής δείγματος δοκιμής μικροδομής και μηχανικών ιδιοτήτων



Σχήμα 4.7 Μικροδομή του μεσαίου τμήματος της επικάλυψης: (α) μικροδομή κάθε τύπου TiC, (β) θέση ανάλυσης EDS, (γ) Δεδομένα σάρωσης γραμμής EDS.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Μέταλλο βάσης

Στην παρακάτω πειραματική διαδικασία έχουμε ως κύριο στόχο την επιφανειακή βελτίωση του χάλυβα με μία μέθοδο αλλά με δύο διαφορετικές τεχνικές. Ως μέταλλο βάσης χρησιμοποιούμε απλό κατασκευαστικό χάλυβα όπου με τις δύο τεχνικές εναπόθεσης καρβιδίων του τιτανίου αναμένουμε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη αντιτριβική ικανότητα αλλά και φθορά. Ως μέταλλο βάσης χρησιμοποιούμε έναν χάλυβα S235 κατά πρότυπο EN10025.

Ο χάλυβας S235 είναι ένας τύπος δομικού χάλυβα που χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές στον κατασκευαστικό τομέα. Η ονομασία "S235" αναφέρεται στις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα. Η αρίθμηση "S235" αποτελεί μέρος του συστήματος αρίθμησης χάλυβα που προέρχεται από το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 10025. Στο πρότυπο αυτό, οι αριθμοί που ακολουθούν το γράμμα "S" αντιπροσωπεύουν την ελαστική αντοχή του χάλυβα, ενώ οι αριθμοί που ακολουθούνται από το γράμμα "JR" ή "JO" αναφέρονται σε άλλες μηχανικές ιδιότητες όπως η καταλυτική ικανότητα και η σφυρηλατική δυνατότητα. Ο S235 έχει συγκεκριμένες μηχανικές ιδιότητες. Η ελαστική αντοχή του κυμαίνεται περίπου από 175 MPa έως 235 MPa, ενώ η αντοχή στην τάση του κυμαίνεται από 360 MPa έως 510 MPa, ανάλογα με την επεξεργασία και τις συνθήκες σκλήρυνσης. Ο χάλυβας S235 είναι γνωστός για την καλή του συναρμολόγηση και επεξεργασία, καθιστώντας τον κατάλληλο για διάφορες εφαρμογές στον κατασκευαστικό τομέα. Χρησιμοποιείται συχνά σε κατασκευές όπως κτίρια, γέφυρες, αγωγούς, πλοία, δοχεία υπό πίεση και άλλες δομές που απαιτούν μηχανική αντοχή και αντοχή στη διάβρωση. Η ονομαστική σκληρότητα του χάλυβα S235 κυμαίνεται από 20-30 HRC.

Χημική Σύσταση S235

Grade	C%	Mn%	P%	S%	Si%
S235	0.22 max	1.60 max	0.05 max	0.05 max	0.05 max

Πίνακας 5.1.1 Χημική σύσταση χάλυβα S235

Η δομική χαλύβδινη πλάκα S235 είναι ένας κοινός χάλυβας δομικού χάλυβα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα διαδικασιών κατασκευής. Με ελάχιστη αντοχή απόδοσης 33 ksi στα 16mm, αυτή η πλάκα έχει εξαιρετική ικανότητα σχηματισμού αλλά περιορίζεται σε εφαρμογές που απαιτούν υψηλότερες δομικές προδιαγραφές που φέρουν βάρος.

Μηχανικές ιδιότητες μετάλλου βάσης

Η αντοχή διαρροής του δομικού χάλυβα μετρά την ελάχιστη δύναμη που απαιτείται για μια μόνιμη παραμόρφωση στον χάλυβα. Η σύμβαση ονομασίας που χρησιμοποιείται στο Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN10025 προσδιορίζει την ελάχιστη αντοχή διαρροής της δοκιμασμένης ποιότητας χάλυβα σε πάχος 16 mm.

Χάλυβας	Σκληρότητα Brinell, HB max	Ksi	Όριο διαρροής N/mm² (MPa)	Αντοχή σε εφελκυσμό, N/mm²
S235	100 – 154	33.000	235	360-510

Πίνακας 5.1.3 Μηχανικές ιδιότητες μετάλλου βάσης για ονομαστικό πάχος 16mm

5.2 Ηλεκτρόδιο

Το ηλεκτρόδιο που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία είναι το TeroMatec OA 4923 και είναι της εταιρείας Castolin Eutectic. Το συγκεκριμένο ηλεκτρόδιο αποκαλούμενο και ως παραγεμιστό εμπεριέχει στο κέντρο του υπέρσκληρα καρβίδια τιτανίου σε μια σκληρή μαρτενσιτική δομή έχοντας ως αποτέλεσμα να παρέχει υψηλή σκληρότητα και αντοχή σε κρούση, τριβή αλλά και πίεση. Η κύρια χρήση του συγκεκριμένου ηλεκτροδίου είναι η επιφανειακή βελτίωση και αναβάθμιση βαρέων εξαρτημάτων για μεγαλύτερη αντοχή κατά την πάροδο των χρόνων, χωρίς όμως να σημαίνει ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εφαρμογές.

ΥΛΙΚΟ(ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ)	C	Cr	Mo	Ti
OA4923	1.9	6.5	1.5	5.5

Πίνακας 5.2.1 Χημική σύσταση ηλεκτροδίου

Τεχνικά χαρακτηριστικά και προτεινόμενες ρυθμίσεις σύμφωνα με τον κατασκευαστή

- Αναμενόμενη σκληρότητα: 1/2/3 Πάσα: HRC 45/HRC 50 HRC 55
- Τυπική σκληρότητα καρβιδίου: Knoop 2500,
- Είδος παροχής ενέργεια: Σταθερή τάση και προωθούμενο ηλεκτρόδιο
- Ρεύμα και πολικότητα: ΣΡΗΘ (Συνεχές Ρεύμα Ηλεκτρόδιο Θετικό)/DCEP

(ElectrodePositive)

Diameter (in) (mm)	CURRENT RANGE (A)		VOLTAGE RANGE (V)		WIRE EXTENSION (CONTACT TIP)*	
	Globular	Fine Globular	Globular	Fine Globular	Globular	Fine Globular
1/16" (1.6)	190-210	150-190	25-27	24-27	1/2" ± 1/8"	1/2" ± 1/8"
7/64" (2.8)	350-380	200-250	27-31	26-29	1.5" ± 1/8"	1.5" ± 1/8"

Πίνακας 5.2.2 Προτεινόμενες ρυθμίσεις σύμφωνα με το κατασκευαστή

5.3 CNC Παντογράφος 3-αξονων

Ο παρακάτω CNC παντογράφος αποτελείται από τρεις άξονες X,Y και Z και ο αριθμητικός έλεγχος πραγματοποιείται μέσω H/Y. Ο σκοπός χρήσης της συγκεκριμένης μηχανής είναι η δημιουργία βάσης στήριξης της ηλεκτροσυγκόλλησης για τον βέλτιστο έλεγχο ταχύτητας και απόστασης στην επιφανειακή βελτίωση του χάλυβα.



Σχήμα 5.1 CNC παντογράφος 3-αξόνων



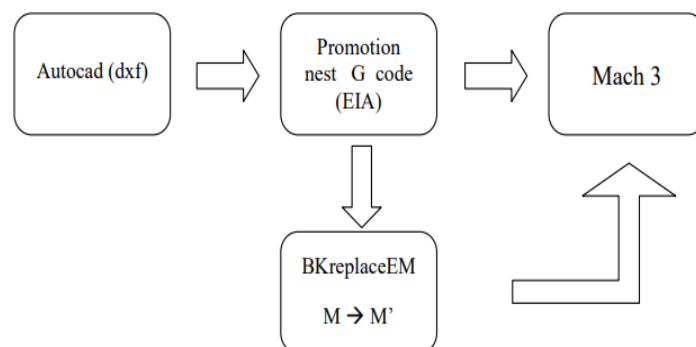
Σχήμα 5.2 Πειραματική διάταξη (προσαρμογή ηλεκτροσυγκόλλησης MIG στον παντογράφο CNC)

1.Βάση στήριξης

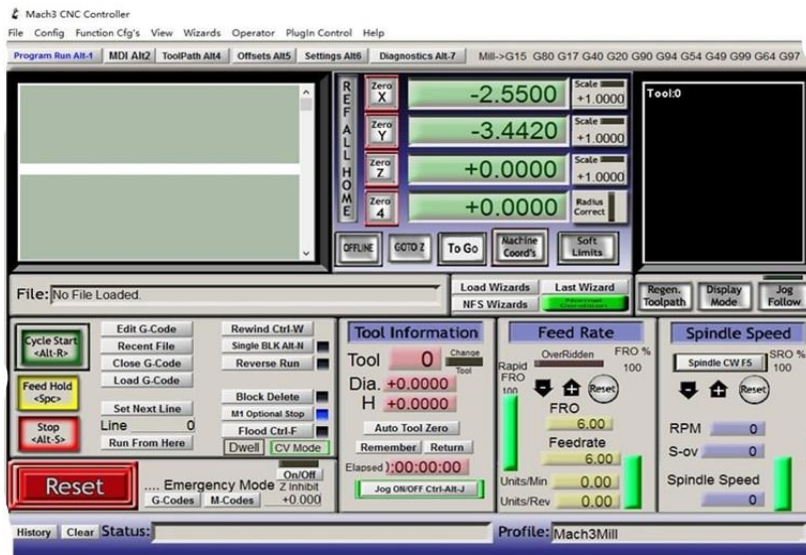
2.Τσιμπίδα MIG

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΝΤΟΛΩΝ CNC ΠΑΝΤΟΓΡΑΦΟΥ

Για την δημιουργία σχεδίου την οποία εκτελεί ο CNC παντογράφος θα πρέπει να μετατραπεί σε μορφή G-κώδικα ώστε να είναι συμβατό με το λογισμικό χειρισμού της μηχανής .Συνεπώς ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία που περιγράφεται στο σχήμα .



Σχήμα 5.3 Απεικόνιση αρχείου για την έναρξη λειτουργίας



Σχήμα 5.4 software CNC παντογράφου για την ακολουθία εντολών

5.3 Μηχανή συγκόλλησης MIG/MAG

Η μηχανή όπου χρησιμοποιήθηκε είναι MG260 MIG WELDER της εταιρείας Lincoln Electric και αποτελεί ένα μηχάνημα σταθερής ενέργειας για συγκόλληση συγκόλλησης ηλεκτρικού τόξου (MIG). με τριφασική τροφοδοσία, αναγκαστικό εξαερισμό, εξοπλισμένη για την εγκατάσταση ξεχωριστού συστήματος έλξης σύρματος.

ΕΜΠΡΟΣ ΜΕΡΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ



Σχήμα 5.5 Εμπρόσθια όψη μηχανής συγκόλλησης

- A: Over-Temp (κίτρινο): Ανάβει κατά τη διάρκεια του κύκλου λειτουργίας
- B: Πιλότος ισχύος (πράσινο): Ανάβει όταν ενεργοποιείτε το διακόπτη λειτουργίας
- C: Κουμπί χρόνου συγκόλλησης σημείου: Ρύθμιση του χρόνου συγκόλλησης
- D: Ρυθμιζόμενο κουμπί τροφοδοσίας
- E: Σύνδεση φακού
- F: Διακόπτης ισχύος
- Z: Περιστροφική συγκόλληση, διακόπτης:
Αυτός ο διακόπτης ρυθμίζει την ένταση συγκόλλησης.
- G2: Περιστροφική συγκόλληση διακόπτης:
Αυτός ο διακόπτης επιτρέπει τον λεπτό συντονισμό του voltage επιλεγμένο με το διακόπτη G.
(Βήμα ρύθμιση)
- H: Γρήγορος σύνδεσμος για καλώδιο επιστροφής εργασίας
- I: πρίζα ελέγχου
- J: διακόπτης εναλλαγής

ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ



Σχήμα 5.6 Οπίσθια όψη μηχανής συγκόλλησης

A: Σύνδεση σωλήνων αερίου

B: Εισαγωγή καλωδίου τροφοδοσίας (Επιβεβαιώστε την τάση πριν τη χρήση)

C: Υποδοχή για θερμαντήρα του ρυθμιστή

D: Υποστήριξη για κύλινδρο

E: Ασφάλεια ισχύος

F: Υποδοχή γείωσης

Επιπροσθέτως η μηχανή συγκόλλησης συνοδεύεται με αέριο θωράκισης που είναι συνήθως το αργό και το διοξείδιο του άνθρακα, σε αναλογία 75-80% αργού και 25-20% διοξειδίου του άνθρακα.

Φιάλη Αερίου Argon

Το Αργό είναι ευγενές αέριο, άχρωμο, άοσμο χωρίς γεύση, μη τοξικό και χρησιμοποιείται στις συγκολλήσεις των μετάλλων με μηχανές MIG/MAG με συνήθη χρήση στις ανοξειδωτες επιφάνειες.

Διατίθεται σε χαλύβδινες φιάλες υπό πίεση.

Επίσης μερικές από τις βασικές εφαρμογές είναι η κοπή και επικάλυψη, συγκεκριμένα: Το αργό είναι ένα προστατευτικό αέριο που χρησιμοποιείται στη συγκόλληση με τόξο, στην διασφάλιση των ριζών και στην κοπή πλάσματος.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του αργού είναι ότι κατά τη συγκόλληση εμποδίζει την οξείδωση καθώς επίσης μειώνει τους καπνούς κατά τη διάρκεια της τήξης.



Σχήμα 5.7 Φιάλη αερίου Argon

5.4 Σκληρόμετρο

Το σκληρόμετρο είναι ένα μηχανικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για να μετρήσει τη σκληρότητα ενός υλικού. Η σκληρότητα είναι μια ιδιότητα που αντικατοπτρίζει την αντίσταση ενός υλικού στη διάβρωση, την επιδρομή και την πιεστική δύναμη. Στην συγκεκριμένη εργασία επιλέγουμε την εφαρμογή σκληρομέτρου κατά Rockwell.

Το σκληρόμετρο Rockwell είναι ένα μηχανικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της σκληρότητας ενός υλικού. Ανήκει στην οικογένεια των σκληρομέτρων που χρησιμοποιούν τη μέθοδο διείσδυσης. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην εφαρμογή μιας προκαθορισμένης φορτίου επί του υλικού και τη μέτρηση της διείσδυσης που προκαλείται από αυτό το φορτίο. Στο συγκεκριμένο σκληρόμετρο, η διείσδυση μετριέται χρησιμοποιώντας έναν δείκτη που μετακινείται στην επιφάνεια του υλικού.

Το σκληρόμετρο Rockwell παρουσιάζει διάφορες κλίμακες σκληρότητας, όπως οι Rockwell B, C, D, κλπ. Κάθε κλίμακα έχει ένα συγκεκριμένο φορτίο και ένα διαφορετικό σχήμα δοκού για την εφαρμογή του. Η σκληρότητα του υλικού μετριέται ανάλογα με τη διείσδυση που

παράγεται. Οι μετρήσεις με το σκληρόμετρο είναι γρήγορες και απλές στην εκτέλεση, και είναι ευρέως χρησιμοποιούμενες σε πολλούς τομείς της μεταλλουργίας

Ο πειραματικός εξοπλισμός μας για την σκληρομέτρηση είναι OMAG 206 EX - Hardness Tester.

Κατασκευαστής	OMAG
Μοντέλο	206 EX
Χώρα κατασκευής	Ιταλία
Ακρίβεια	Καλύτερη από 1 %
Εύρος θερμοκρασίας	10 °C έως 35 °C
Έξοδος δεδομένων	RS 232 C (USB προαιρετικά)
Προφόρτιση	98,07 N
Κάθετη διαδρομή	215 mm
Βάθος χωρητικότητα	190 mm
Ανεκτό βάρος	900 κιλά
Τάση	115 - 230 V
Διαστάσεις συσκευασίας	M 370 x Π 600 x Y 1000 mm
Βάρος	54 κιλά

Πίνακας 5.4 Χαρακτηριστικά OMAG 206 EX



Σχήμα 5.8 Σκληρόμετρο OMAG 206 EX - Hardness Tester.

5.5 Φασματογράφος XRF

Η XRF (X-Ray Fluorescence) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τη μη καταστροφική ανίχνευση και ανάλυση των στοιχείων ενός υλικού. Αυτή η τεχνική βασίζεται στη μέτρηση της ανάκλασης και απορρόφησης των χαρακτηριστικών ακτίνων X που προκαλούνται από την επίδραση ενός ανακλαστήρα σε ένα δείγμα υλικού.

Με την XRF ανάλυση, μπορείτε να πάρετε πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση των στοιχείων που βρίσκονται στο δείγμα, καθώς και τις ποσότητες τους. Αυτό μπορεί να γίνει με τη μέτρηση των χαρακτηριστικών ακτίνων X που εκπέμπονται από το δείγμα και την ανίχνευση τους με έναν ανιχνευτή.

Η XRF ανάλυση είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη σε πολλούς τομείς, όπως η γεωλογία, η μεταλλουργία, η αρχαιολογία, η πετροχημική βιομηχανία, η περιβαλλοντική επιστήμη και η ποιοτική έλεγχος των υλικών.

Σημειώστε ότι, ενώ η XRF ανάλυση μπορεί να παράσχει πολύτιμες πληροφορίες για τη σύνθεση ενός υλικού, όπως το είδος και η ποσότητα των στοιχείων που το απαρτίζουν. Αυτή η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση και ποσοτικοποίηση των στοιχείων που παρουσιάζονται σε στερεά, υγρά ή αέρια δείγματα. Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί σε μια ποικιλία υλικών, συμπεριλαμβανομένων μετάλλων, κεραμικών, γυαλιού, πολυμερών υλικών, γεωλογικών δειγμάτων και πολλών άλλων. Επιπλέον, η XRF ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε σε εργαστήριο είτε σε φορητές συσκευές που επιτρέπουν τη μέτρηση σε θέση. Οι πληροφορίες που παρέχονται από την XRF ανάλυση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς, όπως η πιστοποίηση ποιότητας, ο έλεγχος καταλληλότητας υλικών, ο έλεγχος περιβαλλοντικής ρύπανσης, η εντοπισμός αποκλίσεων σε παρτίδες υλικών και για πολλούς ακόμη σκοπούς.

Ως πειραματικό εξοπλισμό για την XRF ανάλυση χρησιμοποιήσαμε τον Φασματογράφο
OES PMI-MASTER Pro2 HITACHI

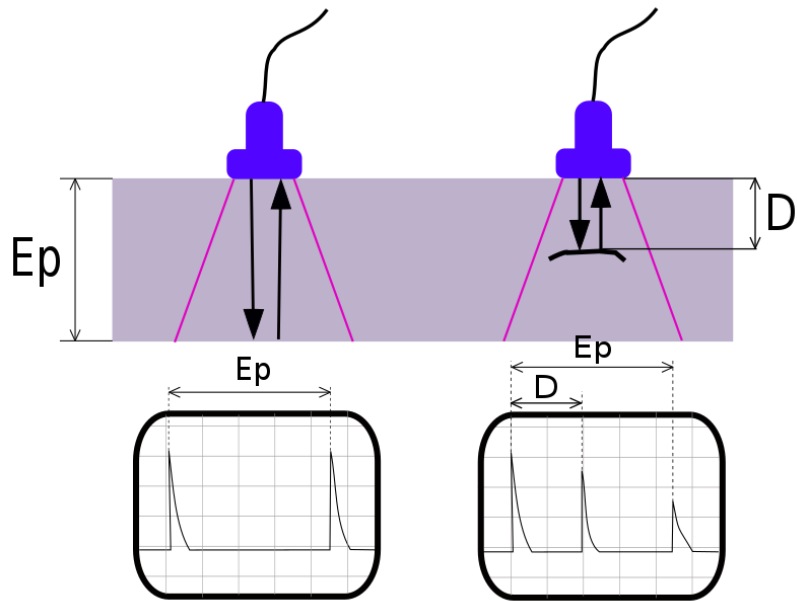


Σχήμα 5.9 Φασματογράφος OES PMI-MASTER Pro2 HITACHI

5.6 Ultrasonic Testing (UT)

Ο τεχνικός όρος ultrasonic testing (δοκιμή υπερήχων μετάλλων) αναφέρεται σε μια μέθοδο μη καταστροφικού ελέγχου που χρησιμοποιεί υπερήχους για την ανίχνευση ατελειών σε μεταλλικές δομές ή εξαρτήματα. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί τις ιδιότητες των υπερήχων και τις αλληλεπιδράσεις τους με τα μέταλλα για να εντοπίσει ατέλειες, όπως σπασίματα, ρωγμές, διαταραχές στη δομή, ή απώλεια χρήσιμου πάχους.

Η δοκιμή υπερήχων μετάλλων είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τον έλεγχο της ακεραιότητας και της ποιότητας μεταλλικών κατασκευών και εξαρτημάτων. Χρησιμοποιείται ευρέως σε βιομηχανίες όπως η κατασκευή, η πετρελαϊκή βιομηχανία, η πυρηνική ενέργεια, η αεροναυπηγική, η αυτοκινητοβιομηχανία και η αεροδιαστημική, ανάμεσα σε άλλες.



Σχήμα 5.10 Αρχή του ελέγχου υπερήχων. ΑΡΙΣΤΕΡΑ: Ένας ανιχνευτής στέλνει ένα ηχητικό κύμα σε ένα υλικό δοκιμής. Υπάρχουν δύο ενδείξεις, η μία από τον αρχικό παλμό του καθετήρα και η δεύτερη λόγω της ηχώ του πίσω τοιχώματος. Δεξιά: Ένα ελάττωμα δημιουργεί την τρίτη ένδειξη και ταυτόχρονα μειώνει το πλάτος της ένδειξης του πίσω τοιχώματος. Το βάθος του ελαττώματος προσδιορίζεται από την αναλογία D/E_p

Για την πειραματική διαδικασία μας χρησιμοποιήσαμε το ultrasonic MasterScan D-70 είναι της εταιρίας Sonatest



Σχήμα 5.11 ultrasonic MasterScan D-70

5.7 Πειραματικός εξοπλισμός μελέτης τριβής

Το τριβόμετρο είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της τριβής μεταξύ δύο επιφανειών που επαφίονται μεταξύ τους. Τα τριβόμετρα χρησιμοποιούνται συνήθως για να μελετηθεί η τριβή μεταξύ διαφόρων υλικών, ώστε να βελτιωθούν οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών και η απόδοση των μηχανών.

Επίσης χρησιμοποιούν διάφορες τεχνολογίες για τη μέτρηση της τριβής, όπως η χρήση φορτίου και κίνησης σε μία δοκό, η χρήση ενός δίσκου που περιστρέφεται μεταξύ δύο επιφανειών, και η χρήση μιας σφαιρικής μύτης που πατάει σε μία επιφάνεια και μετρά τη δύναμη που ασκείται.

Η μέτρηση της τριβής είναι σημαντική για τη σχεδίαση και τη βελτίωση των μηχανικών συστημάτων, καθώς επίσης και για την επιλογή κατάλληλων υλικών. Τα τριβόμετρα χρησιμοποιούνται επιπρόσθετα για τη μελέτη της απόδοσης των λιπαντικών και τη βελτίωση των μεθόδων λίπανσης των μηχανών.

Για την συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν δύο μηχανές ,αρχικά τριβόμετρο με το οποίο μελετήθηκε η τριβή και δεύτερον τραχύμετρο-προφιλόμετρο με το οποίο έγινε εκτίμηση όγκου φθοράς. Και οι δύο μηχανές έχουν άμεση σύνδεση με Η/Υ ο οποίος με το κατάλληλο λογισμικό μας δίνει την δυνατότητα να λάβουμε μετρήσεις για την υλοποίηση του πειράματος.

Πειραματική μηχανή ξηρής εκτριβής

Η συγκεκριμένη συσκευή αποτελείται από μία πειραματική διάταξη ξηρής εκτριβής λείανσης άμμου και έναν τροχό όπου λειτουργούν βάση προτύπου ASTM G65 και την προδιαγραφή ISO

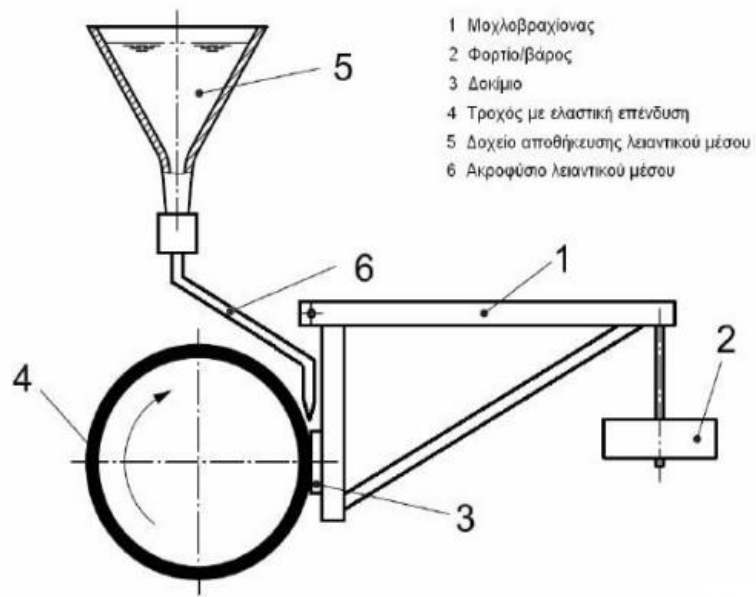
28080:2011. Η συσκευή με την χρήση του τροχού σε συνδυασμό με την άμμο (λειαντικό μέσο) προκαλεί φθορά με αποτέλεσμα την απώλεια υλικού.

Αναλυτικά, τοποθετείτε δοκίμιο σε σταθερή θέση. Έπειτα ο τροχός οποιουδήποτε υλικού της επιλογής μας με σταθερή ταχύτητα περιστροφής εφάπτεται με την επιφάνεια, και μεταξύ των δύο υλικών πέφτει από συγκεκριμένη απόσταση το λειαντικό μέσο. Το δοκίμιο πιέζεται έναντι του περιστρεφόμενου τροχού με καθορισμένη δύναμη μέσω ενός μοχλοβραχίονα συγκράτησης και φόρτισης. Επιπροσθέτως η περιστροφή του τροχού έχει πάντα την ίδια κατεύθυνση με την κατεύθυνση του λειαντικού μέσου.

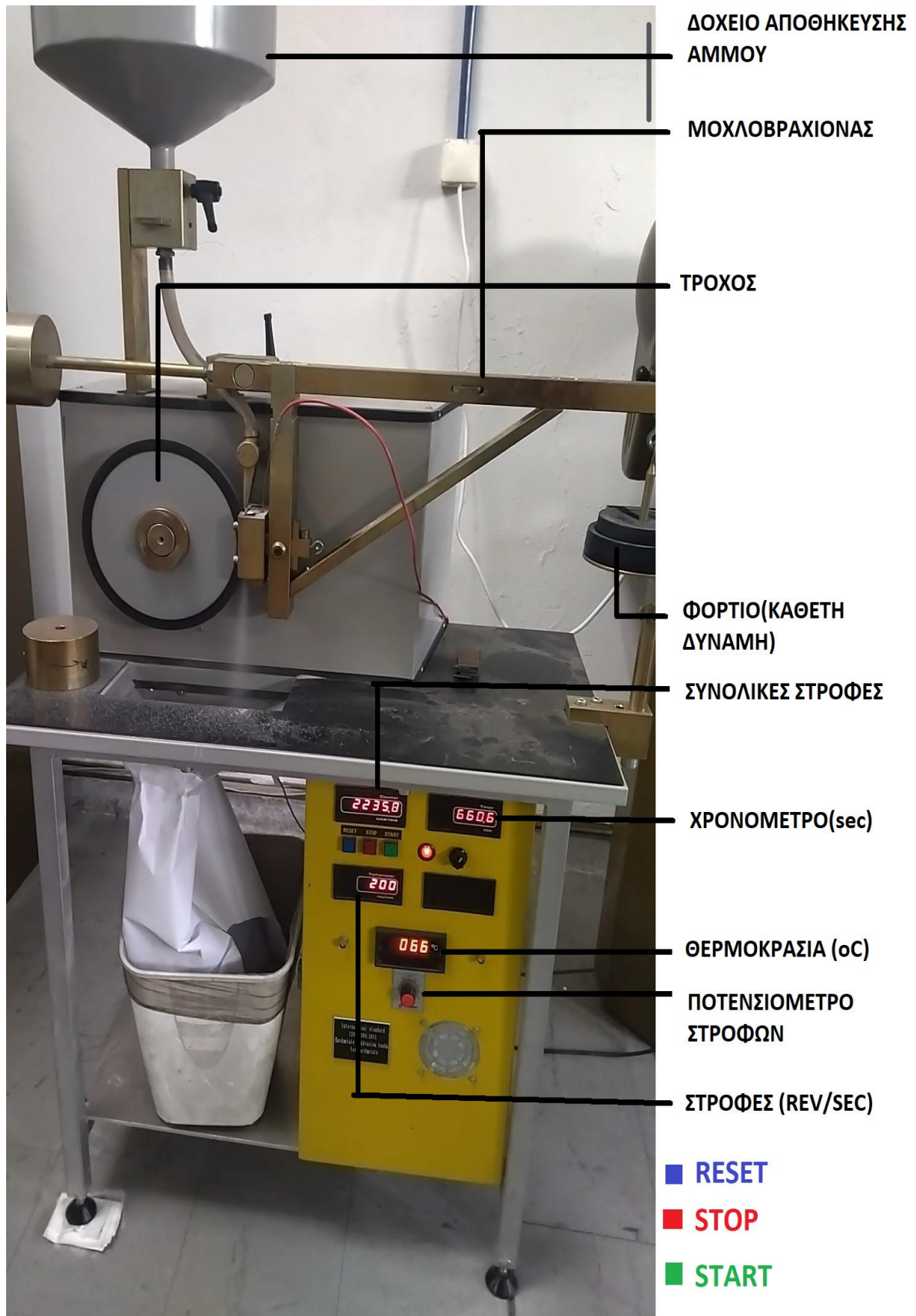
Η διάρκεια κάθε δοκιμής και η εφαρμοσμένη δύναμη επιλέγεται σύμφωνα με την πειραματική διαδικασία. Έτσι λοιπόν, τα δοκίμια ζυγίζονται πριν και μετά την διαδικασία με ακρίβεια 0,001gr και σημειώνεται η απώλεια μάζας. Η απώλεια μάζας έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια όγκου λόγω των διαφορών της πυκνότητας των υλικών.

Η εκτριβή λείανσης αναφέρεται ως απώλεια όγκου ανά καθορισμένη διαδικασία. Για την παραγωγή ομοιόμορφων αποτελεσμάτων, μερικά στοιχεία της πειραματικής συσκευής είναι ζωτικής σημασίας, τα οποία και πρέπει να τηρούνται σταθερά. Τα στοιχεία όπου παραμένουν σταθερά είναι η ταχύτητα περιστροφής, τα φορτία επί των επιφανειών, η σύνθεση και η σκληρότητα του τροχού και το λειαντικό μέσο (ροή και γεωμετρία).

Ο τροχός της συσκευής αποτελείται από δίσκο κατασκευασμένο από χάλυβα (AISI 1020), ο οποίος έχει μία ελαστική επένδυση από χλωροβουτίλιο. Πριν την έναρξη κάθε δοκιμής, ελέγχεται η σκληρότητα του ελαστικού. Έτσι, πραγματοποιούνται τουλάχιστον τέσσερις σκληρομετρήσεις ανά 90° στην περιφέρεια του ελαστικού τροχού, όπως ορίζεται στην προδιαγραφή ASTM D 2240. Οι αναγραφόμενες μετρήσεις θα πρέπει να λαμβάνονται με καθυστέρηση 5 δευτερόλεπτων από την στιγμή της εφαρμογής της δύναμης πάνω στο ελαστικό.



Σχήμα 5.12 Διάταξη μηχανή ξηρής εκτριβής



Σχήμα 5.13 Μέρη πειραματικής μηχανής

Τριβόμετρα

Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του συντελεστή τριβής και του ρυθμού φθοράς μεταξύ των ζευγών υλικών, καθώς και για την εκτέλεση αναλύσεων διάρκειας ζωής. Με βάση την αρχή pin-on-disc, που λειτουργεί τόσο στο καθεστώς Micro όσο και στο Nano.

Έλεγχος της τριβής και της φθοράς σε κινούμενα μέρη μηχανών είναι ένα κρίσιμο ζήτημα που αντιμετωπίζουν όλοι οι κατασκευαστές. Μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας να λαμβάνονται ποσοτικά δεδομένα σε ποικίλη υγρασία και θερμοκρασία και παρουσία λιπαντικών. Τα τριβόμετρα CSM Instruments έχουν αποδείξει την αξιοπιστία τους σε πάνω από εκατοντάδες εργαστήρια παγκοσμίως, για τη μελέτη:

- Νέα υλικά (κεραμικά, μέταλλα, πολυμερή)
- Λιπαντικά και πρόσθετα λαδιών
- Αυτολιπαινόμενα συστήματα
- Διασφάλιση ποιότητας

Χαρακτηριστικά

- Ακριβώς βαθμονομημένες μετρήσεις τριβής και φθοράς
- Σταθερό σημείο επαφής και χωρίς παρασιτική τριβή
- Μεταβλητά μεγέθη και σχήματα δειγμάτων
- Αυτόματη απενεργοποίηση (μήκος διαδρομής / συντελεστής τριβής)
- Δοκιμή σε υγρά και ελεγχόμενη υγρασία
- Δοκιμές συμβατές με DIN 50324 και ASTM
- Πακέτο λογισμικού για λήψη δεδομένων ελεγχόμενη από υπολογιστή και έλεγχο οργάνων, με γραφική απεικόνιση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, συντελεστές τριβής και φθοράς, διάρκεια ζωής ολίσθησης κ.λπ.

Ο χαρακτηρισμός τριβής και φθοράς (συνήθως ρυθμοί φθοράς και αντοχή στη φθορά) των υλικών πραγματοποιείται συνήθως χρησιμοποιώντας διάφορους τύπους τριβομέτρων, ενώ η δοκιμή καρφίτσας στο δίσκο είναι πιθανώς μία από τις πιο συνηθισμένες. Η δημοτικότητα της μεθόδου οφείλεται στη σχετική απλότητα και την αφθονία των τριβολογικών επαφών που μπορούν να περιγραφούν καλά από την απλή κίνηση του πείρου στο δίσκο.



Σχήμα 5.14 Τριβόμετρο pin-on-disc της CSM Instruments

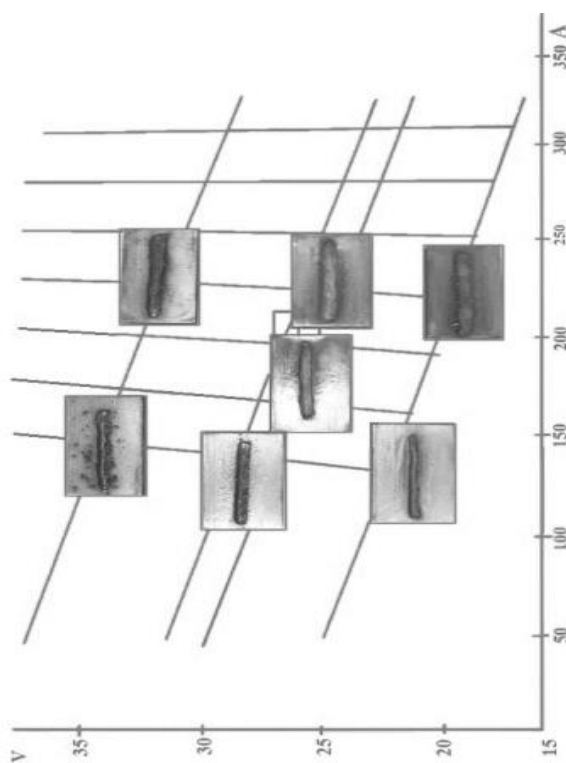
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Στάδια πειραματικής διαδικασίας

Οι επικαλύψεις πραγματοποιήθηκαν με την μέθοδο συγκόλλησης (FCAW). Όπως έχει προαναφερθεί η συγκεκριμένη τεχνική είναι μια μέθοδος συγκόλλησης που χρησιμοποιεί ένα σύρμα με ενσωματωμένη ροή για τη δημιουργία τόξου συγκόλλησης και την προστασία του τηγμένου υλικού από την ατμόσφαιρα. Επιπροσθέτως, χρησιμοποιούμε παραγεμιστό ηλεκτρόδιο σε συνδυασμό με αδρανές αέριο για την προστασία της συγκόλλησης.

Για την ορθή ρύθμιση της μηχανής συγκόλλησης λάβαμε υπόψιν το παρακάτω διάγραμμα V-A όπου αναπαριστά όλες τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν και είχαν διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους.



Σχήμα 6.1 Διάγραμμα V-A

Για την ορθή υλοποίηση του πειράματος και την αποφυγή σφαλμάτων ακολούθησαν μια σειρά από 7 στάδια .

1^ο Στάδιο Καθαρισμός επιφανείας του χάλυβα για την καλύτερη δυνατή αποτελεσματικότητα της εναπόθεσης, έπειτα ακολουθεί κεντράρισμα και τοποθέτηση του δοκιμίου στον ειδικά διαμορφωμένο CNC παντογράφο ακολουθώντας κωδικοποίηση του CNC παντογράφου για την εκκίνηση και λειτουργία της μηχανής.



Σχήμα 6.2 Διάταξη CNC παντογράφου με την MIG

2^ο Στάδιο Λήψη του δοκιμίου μετά την εναπόθεση. Ακολουθεί κοπή με laser στη μέση του δοκιμίου για την εύκολη τοποθέτηση τους μετέπειτα στις τριβολογικές μηχανές. Επίσης, έπειτα από αυτήν την διαδικασία χρησιμοποιείται πλάνη δύο αξόνων για την δημιουργία της βέλτιστης-λείας επιφάνεια του τελικού δοκιμίου για την μελέτη του αργότερα.



Σχήμα 6.3 Εικόνες πριν και μετά την κοπή με Laser



Σχήμα 6.4 Πλάνη κοπής 2-αξόνων

3^ο Στάδιο Χημική προσβολή στις πλάγιες όψεις του δοκιμίου. Για την εμφάνιση οπτικών παρατηρήσεων των διαφόρων φάσεων του δοκιμίου μας επιλέξαμε την χημική προσβολή με Vital με κύριο σκοπό την εμφάνιση του βάθους της εναπόθεση. Το Nital είναι μία διάλυση που περιέχει νιτρικό οξύ και αιθανόλη. Χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα της μεταλλουργίας και των υλικών για την ανίχνευση ανωμαλιών στην επιφάνεια του χάλυβα.

Η χημική προσβολή με Nital μπορεί να αποκαλύψει διάφορες πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα και τη δομή του χάλυβα. Όταν ο χάλυβας εκτίθεται στο Nital, το νιτρικό οξύ αντιδρά με την επιφάνεια του και προκαλεί ανάγλυφες αλλοιώσεις ή αναρρίχηση (etching) στο υλικό. Αυτές οι ανωμαλίες μπορούν να αποκαλύψουν σημεία αδρότητας, άνοιγμα πόρων, ανεπιθύμητες διακυμάνσεις στη δομή και άλλες ατέλειες που ενδέχεται να επηρεάσουν τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα.

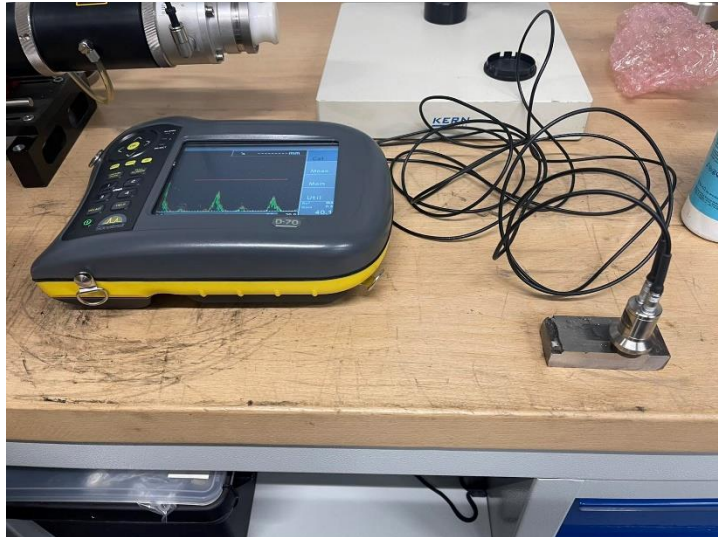
Η χημική προσβολή με Nital συνήθως χρησιμοποιείται σε μεταλλουργικά εργαστήρια και μεταλλουργικές εφαρμογές για την αναγνώριση και την ανάλυση δομικών ατελειών σε χάλυβες και άλλα μεταλλικά υλικά.

Πραγματοποιήθηκε χημική προσβολή στην πλάγια όψη του δοκιμίου από την συγκεκριμένη διεργασία μετρήθηκε το βάθος συγκόλλησης **6.05mm**.



Σχήμα 6.5 Πλάγια όψη του δοκιμίου μετά την χημική προσβολή

4^ο Στάδιο Ακολουθεί ultrasonic testing (ut) με κύριο σκοπό την ανίχνευση ρηγματώσεων κατά την διαδικασία της συγκόλλησης.



Σχήμα 6.6 Διάταξη ultrasonic testing

Έπειτα από τον ultrasonic test διαπιστώθηκε ότι η επιφάνεια του δοκιμίου με την εναπόθεση δεν παρουσιάζει ρηγματώσεις και τραυματισμούς, όπου σημαίνει πως η διαδικασία της εναπόθεσης πραγματοποιήθηκε με επιτυχία.

5^ο Στάδιο Σε αυτό το σημείο αναλύουμε την χημική σύσταση του αναγομωμένου δοκιμίου αλλά και του χάλυβα S235 με την μέθοδο XRF ανάλυσης.



Σχήμα 6.7 Πειραματική μηχανή ανάλυσης XRF

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται τα αποτελέσματα της XRF ανάλυσης.

	S235	Tic
Fe	98.5	86.5
C	0.109	1.18
Si	0.078	0.518
Mn	0.522	1.00
P	0.0275	0.0302
S	0.0415	0.0298
Cr	0.115	5.14
Mo	0.0204	0.972
Ni	0.0779	0.0294
Al	0.0020	0.319
Co	0.0064	0.0107
Cu	0.312	0.106
Nb	0.0020	0.279
Ti	0.0033	0.500
V	0.0055	0.0754
W	0.0250	0.465
Pb	0.0530	
Sn	0.0308	0.0398
B	0.0032	
Zr	0.0106	
As	0.0616	
Bi	0.0230	

Πίνακας 6.1.1 Αποτελέσματα XRF ανάλυσης

6^ο Στάδιο Έπειτα ακολουθεί μέτρηση σκληρότητας για την εμφάνιση διαφοράς πριν και μετά την εναπόθεση.



Σχήμα 6.8 Απεικόνιση διαδικασίας σκληρομέτρησης

1η μέτρηση	57.3 HRC
2η μέτρηση	55.9 HRC
3η μέτρηση	56.8 HRC
4η μέτρηση	57.1 HRC
Μέσος όρος	56.8 HRC

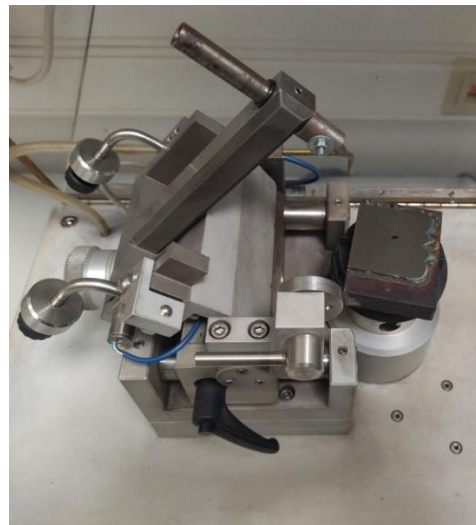
Λαμβάνοντας τις παραπάνω μετρήσεις είναι εμφανής η διαφορά της σκληρότητας του αναγομωμένου χάλυβα με τον S235. Παρατηρείται μεγάλη αύξηση στην σκληρότητα του χάλυβα μετά εναπόθεση καρβιδίων του τιτανίου που φτάνει σχεδόν στον διπλασιασμό.

7^ο Στάδιο Τοποθέτηση δοκιμίων στις τριβολογικές μηχανές και λήψη τελικών αποτελεσμάτων



Σχήμα 6.9 Τοποθέτηση δοκιμίου στην

Μηχανή ξηράς εκτριβής



Σχήμα 6.10 Τοποθέτηση δοκιμίου στο

τριβόμετρο pin-on-disk

ΜΕΛΕΤΗ ΦΘΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Όπως είναι γνωστό η φθορά προκαλείται όταν το υλικό εκτίθεται σε μηχανικές δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις. Η Φθορά τι περισσότερες φορές από τριβή, κρούσεις, διάβρωση η και ξεφλούδισμα. Στην προκειμένη περίπτωση θα μελετήσουμε φθορά που προκαλείται από την τριβή η οποία αναφέρεται στην μείωση της απόδοσης του υλικού καθώς οι μηχανικές δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των επιφανειών οδηγούν σε απώλεια υλικού, αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση τη λειτουργικότητας.

Εφαρμόζοντας δοκιμή ξηράς εκτριβής και μετρώντας την ποσότητα της μάζας πριν και μετά της διαδικασίας υπολογίσαμε τη διαφορά της μάζας. Δηλαδή κατά την διαδικασίας της συγκεκριμένης δοκιμής το δοκίμιο φθείρεται με αποτέλεσμα την απώλεια υλικού, έτσι μας δίνεται η ευκαιρία να κρίνουμε την δυνατότητα αντίστασης στην φθορά του κάθε υλικού.

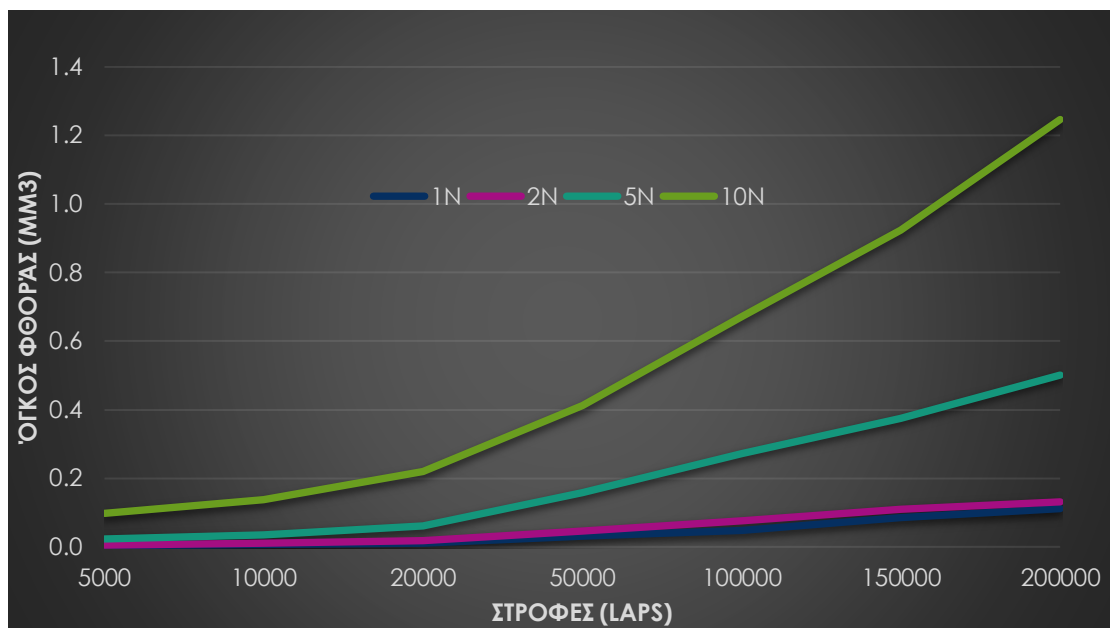
<i>Υλικό</i>	<i>Αρχική Μάζα (g)</i>	<i>Τελική Μάζα (g)</i>	<i>Φθορά (g)</i>
<i>FCAW Tic</i>	176,56	176.14	0.42
<i>S235</i>	47.32	45.45	1.87

Πίνακας 6.1.2 Απώλεια μάζας δοκιμίων

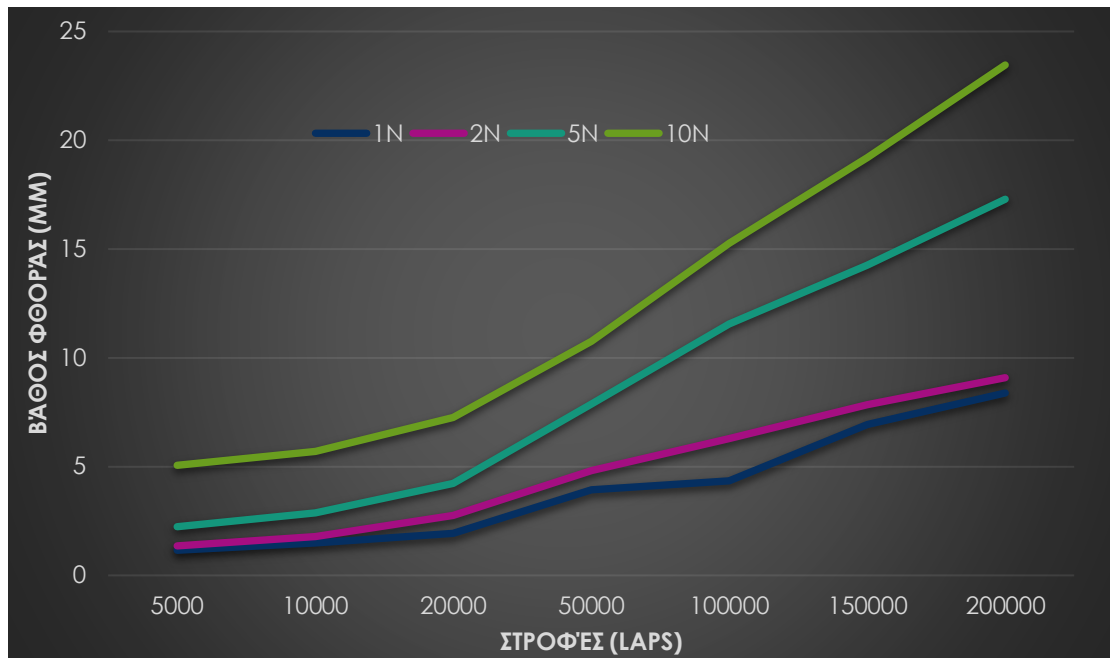
Για τον υπολογισμό των παραπάνω αποτελεσμάτων πραγματοποιήσαμε συνολικά 6000 στροφές καθώς είχαμε ταχύτητα 200 στροφές το λεπτό, για συνολικά τριάντα λεπτά. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε βάση προτύπου ASTM G65.

6.2 Τριβολογική συμπεριφορά αναγομωμένου δοκιμίου

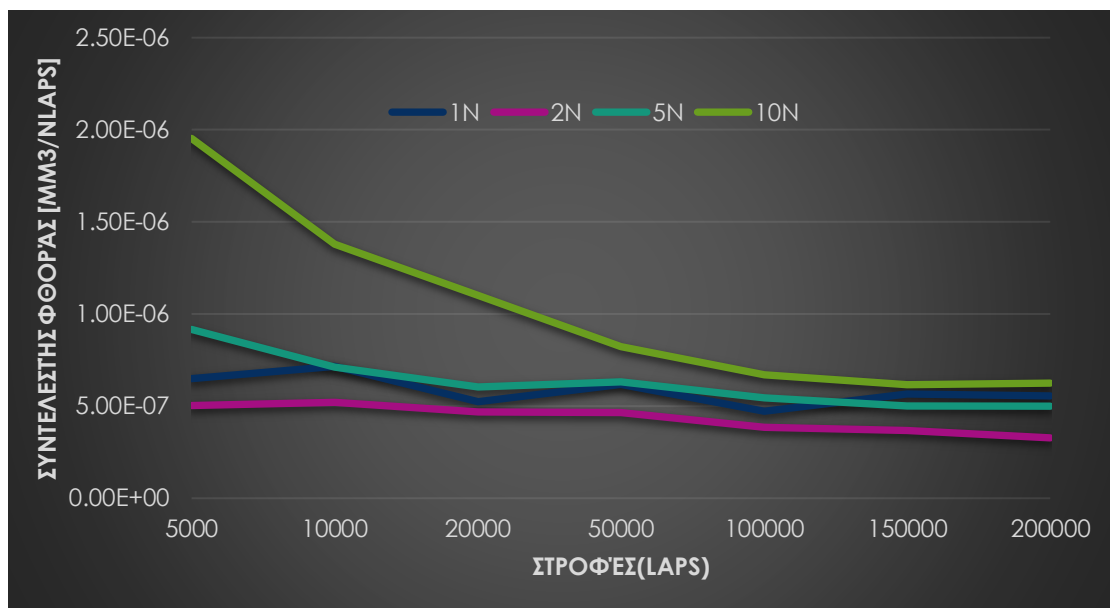
Έπειτα από την επεξεργασία των μετρήσεων και αποτελεσμάτων που λάβαμε από τις τριβολογικές μηχανές καταλήξαμε στην αναπαράσταση των τιμών με την χρήση διαγραμμάτων. Μελετώντας αρχικά το αναγομωμένο δοκίμιο σημειώνεται ως πρώτη παρατήρηση πως η αύξηση του φορτίου δύναμης (N) καθώς και το σύνολο των περιστροφών οδηγούν σε μεγαλύτερο όγκο φθοράς αλλά και μεγαλύτερο βάθος.



Σχήμα 6.11 Διάγραμμα όγκου φθοράς (mm) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps) FCAW



Σχήμα 6.12 Διάγραμμα βάθους φθοράς (mm) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps) FCAW



Σχήμα 6.13 Διάγραμμα συντελεστή φθοράς ($mm^3/Laps$) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps) FCAW.

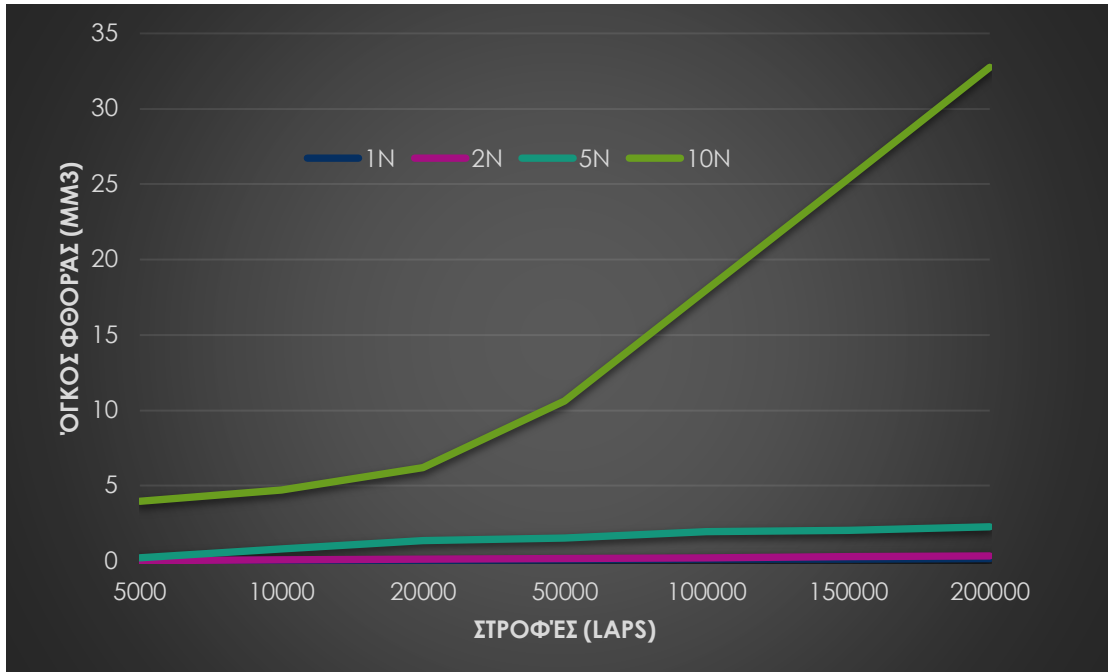
Λαμβάνοντας υπόψιν το σχήμα 6.11 είναι εμφανής η ραγδαία αύξηση όγκου φθοράς αλλά και του βάθους όπως προαναφέρθηκε. Με μία πρώτη εικόνα των διαγραμμάτων εντοπίζεται ομοιότητα στην καμπυλότητα και των τεσσάρων φορτίων καθώς επίσης σημειώνεται η τάση για σταθεροποίηση των καμπυλών.

Επιπροσθέτως, στα φορτία 1 και 2N έχουμε αρκετά μικρές αποκλίσεις στις τιμές για τον λόγο αυτό οι καμπύλες σχεδόν εφάπτονται μεταξύ τους, ενώ παρατηρούμε ότι με τον διπλασιασμό των κάθετων δυνάμεων ξεκινάει η ραγδαία απόκλιση των τιμών.

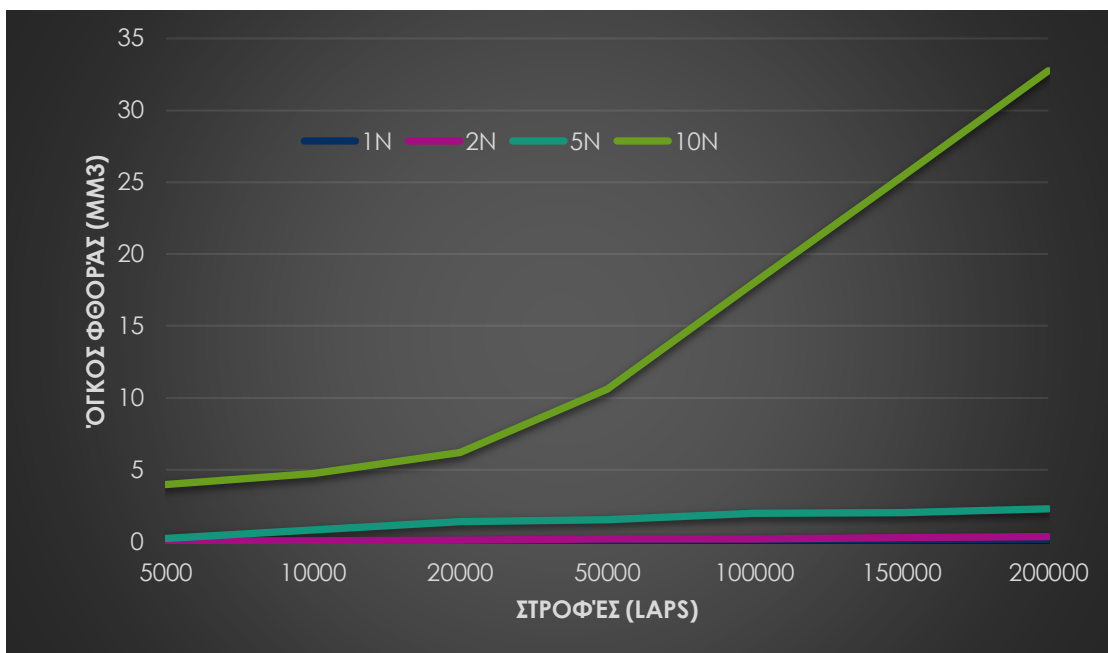
Επίσης αξίζει να σημειωθεί πως τα γραφήματα του όγκου και βάθους φθοράς παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά στην μεταβολή των μεταβλητών συναρτήσει του φορτίου (N) και των συνολικών περιστροφών και αυτό εξακριβώνεται με την ομοιότητα στην καμπυλότητα των δυο γραφημάτων.

6.4 Τριβολογική συμπεριφορά S235

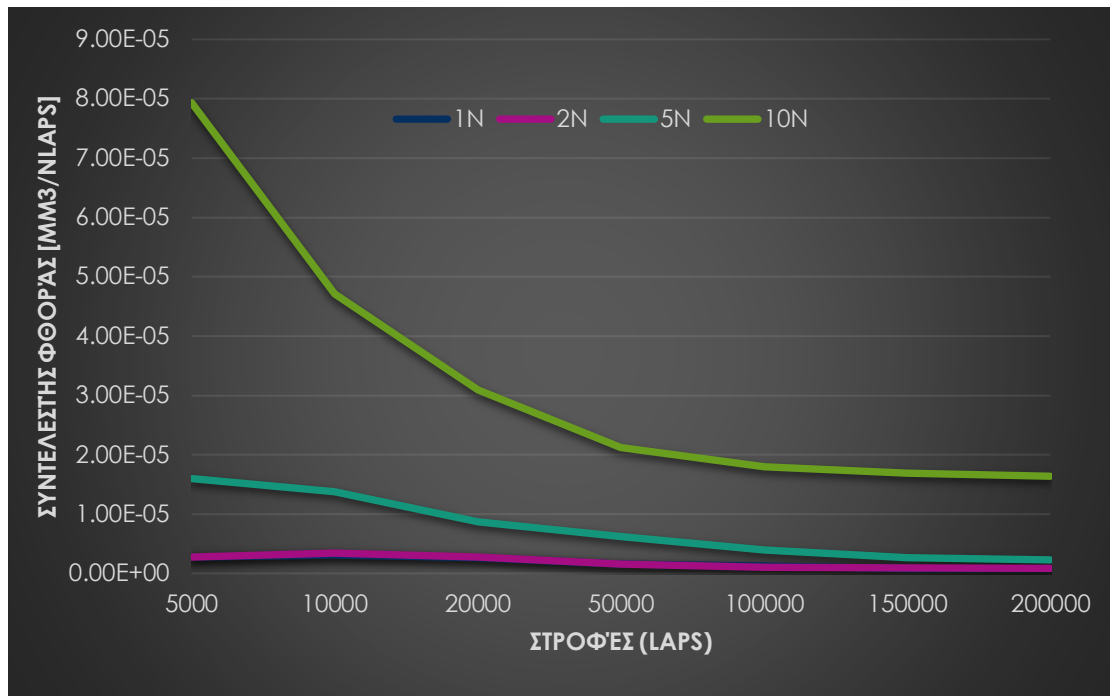
Ενεργώντας ομοίως και στη περίπτωση του χάλυβα S235 φτιάξαμε τρία διαγράμματα αναπαράστασης του όγκου, βάθους και συντελεστή φθοράς. Ως πρώτη παρατήρηση η καμπυλότητα των γραμμών στα χαμηλά φορτία 1-2N στον S235 αλλά και στον αναγομωμένο χάλυβα είναι παρόμοια αλλά στον S235 βλέπουμε διαφορετική συμπεριφορά στα μεγαλύτερα φορτία καθώς οι γραμμές αποκλίνουν κατά πολύ.



Σχήμα 6.14 Διάγραμμα όγκου φθοράς (mm^3) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps) S235



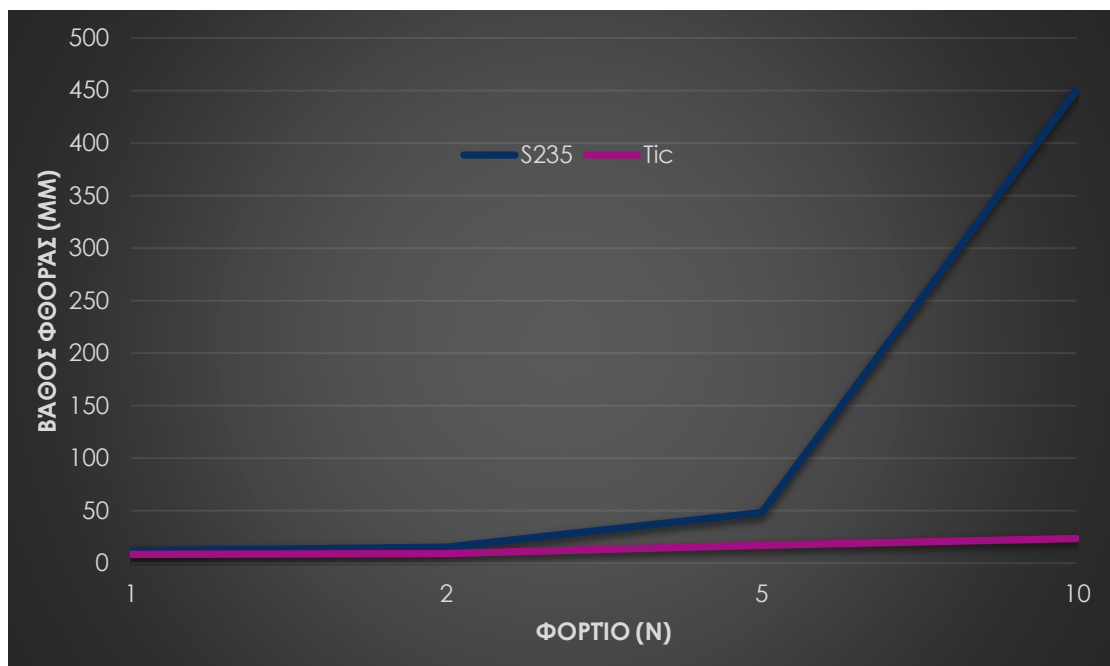
Σχήμα 6.15 Διάγραμμα βάθους φθοράς (mm) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps) S235



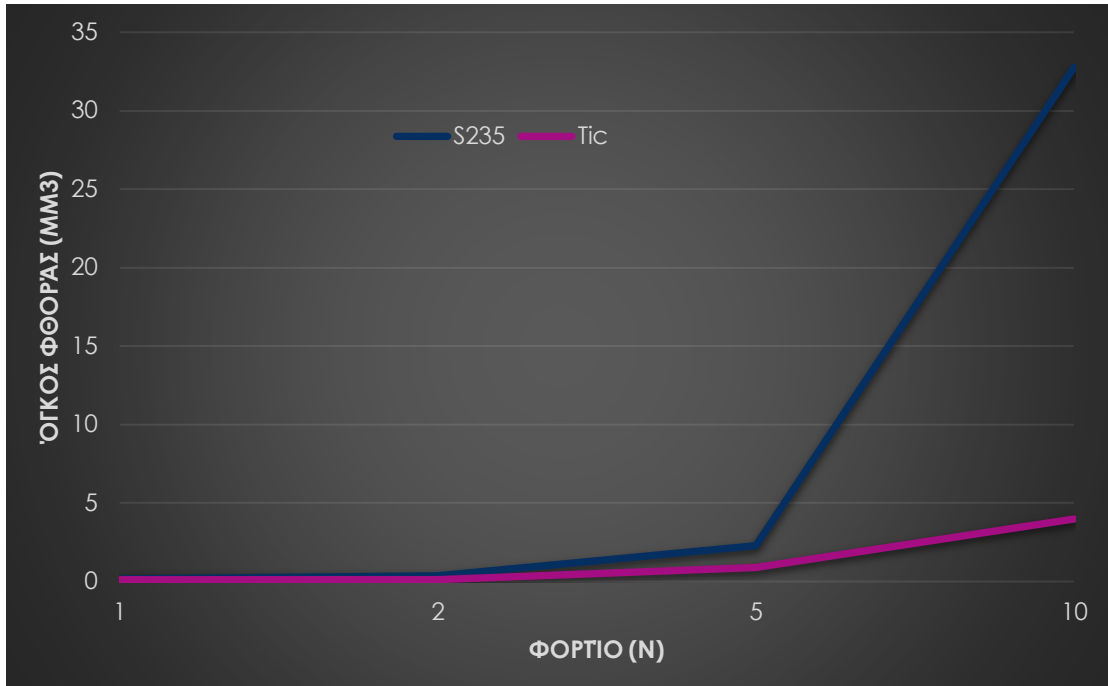
Σχήμα 6.16 Διάγραμμα συντελεστή φθοράς ($mm^3/Laps$) συναρτήσει των συνολικών στροφών (Laps)

S235

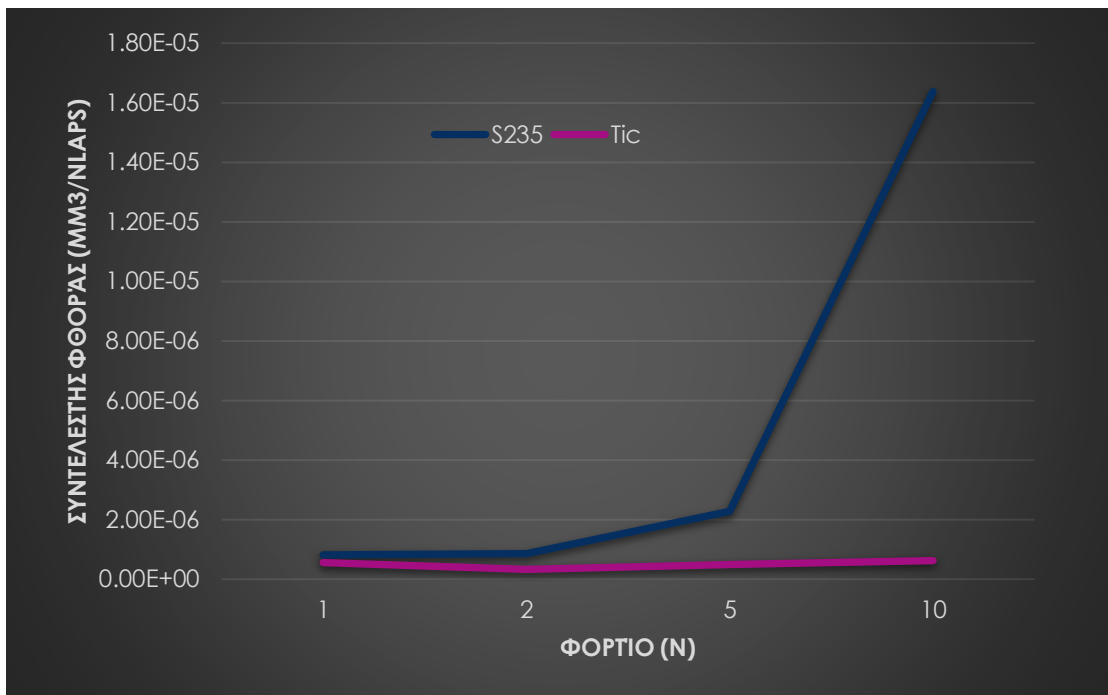
6.4 Σύγκριση s235 με αναγομωμένο χάλυβα



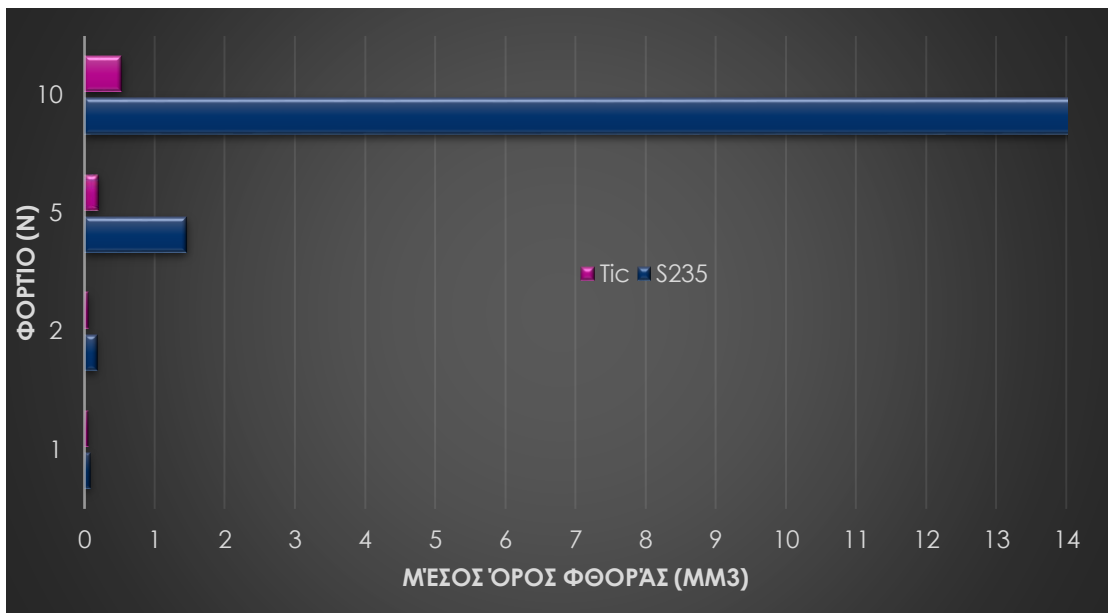
Σχήμα 6.17 Διάγραμμα σύγκρισης Βάθους φθοράς (mm) συναρτήσει του φορτίου (N)



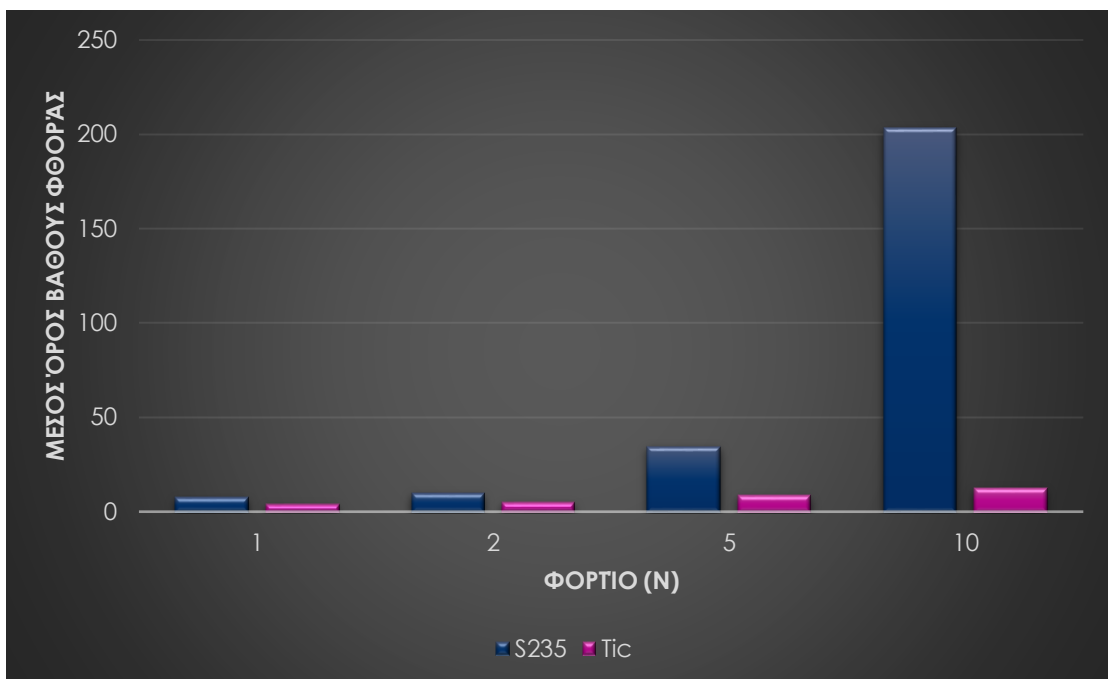
Σχήμα 6.18 Διάγραμμα σύγκρισης Όγκου φθοράς (mm^3) συναρτήσει του φορτίου (N)



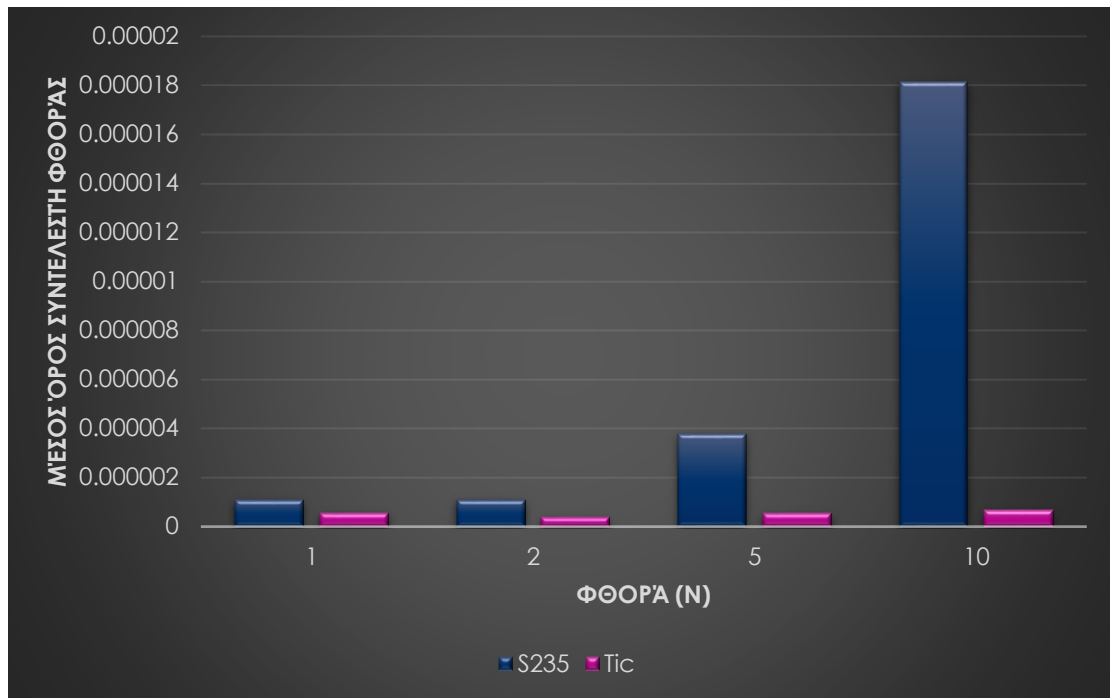
Σχήμα 6.19 Διάγραμμα σύγκρισης συντελεστή φθοράς ($mm^3/Laps$) συναρτήσει του φορτίου (N)



Σχήμα 6.20 Διάγραμμα σύγκρισης μέσου όρου όγκου φθοράς (mm^3) συναρτήσει του φορτίου (N). Με μία πρώτη εικόνα του σχήματος 6.20 βλέπουμε την αρκετά έντονη διαφορά του μέσου όρου της φθοράς μεταξύ των δύο υλικών και το συγκεκριμένο φαινόμενο οξύνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την τα 5N και πάνω της κάθετης δύναμης.

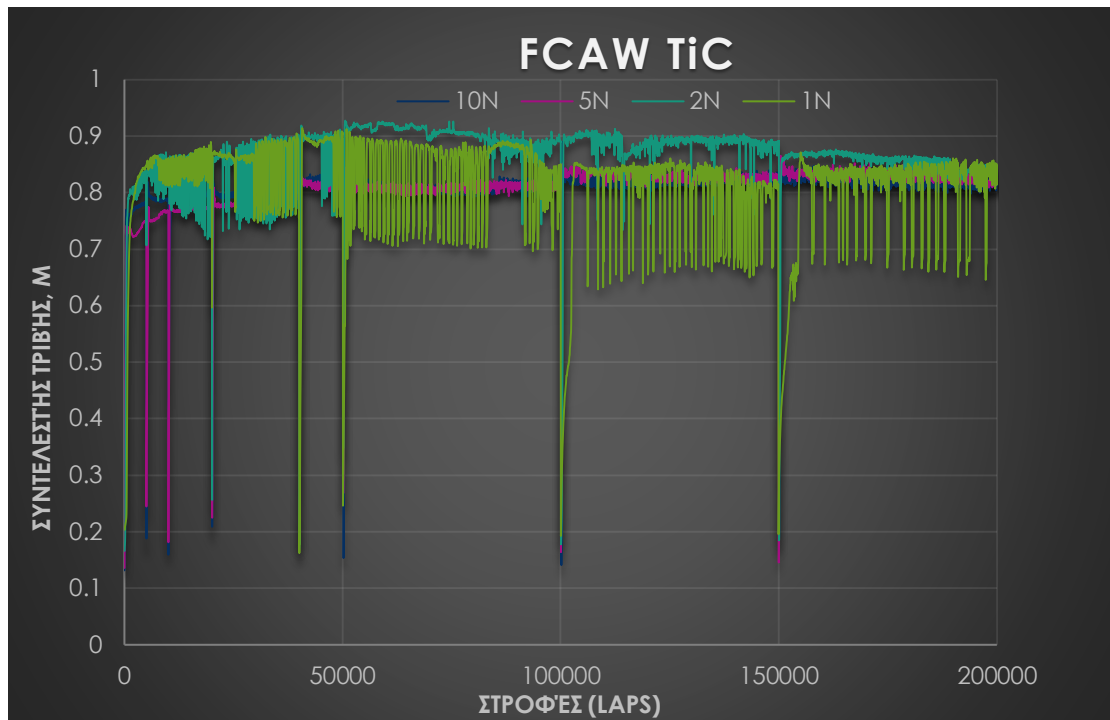


Σχήμα 6.21 Διάγραμμα σύγκρισης μέσου όρου βάθους φθοράς (mm) συναρτήσει του φορτίου (N)

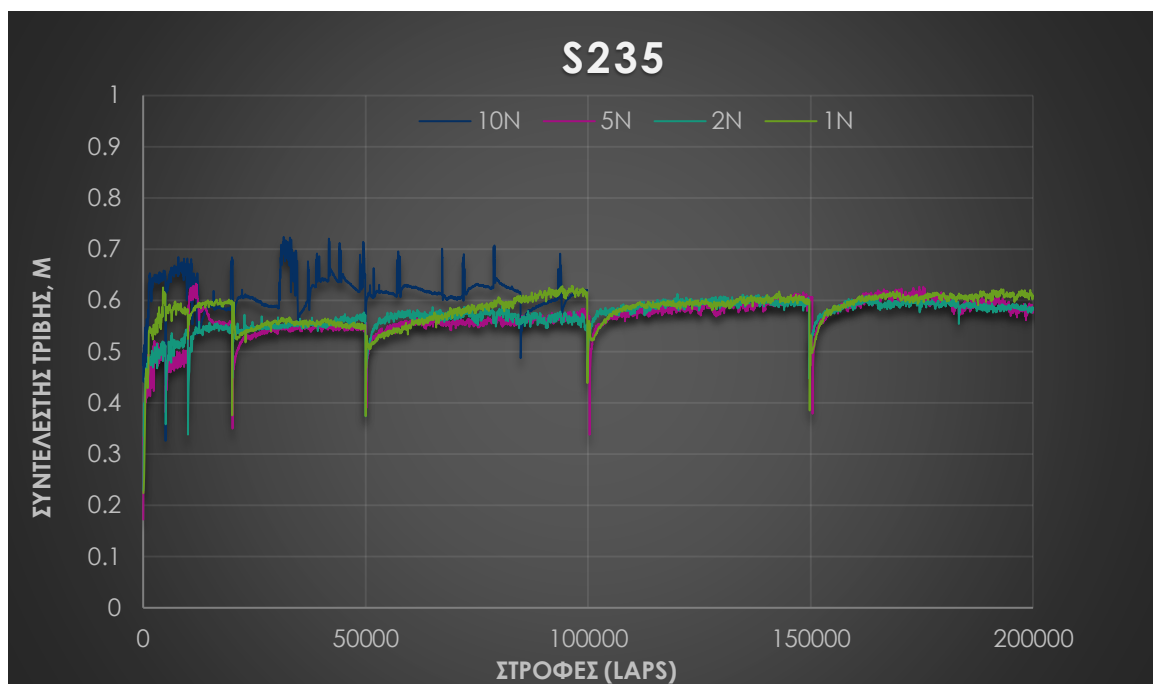


Σχήμα 6.22 Διάγραμμα σύγκρισης μέσου όρου συντελεστή φθοράς ($mm^3/Laps$) συναρτήσει του φορτίου (N)

Έπειτα από μια σειρά πολλών επεξεργασιών των μετρήσεων δημιουργήσαμε τα παρακάτω δύο διαγράμματα των δύο διαφορετικών υλικών. Το πρώτο διάγραμμα αναπαριστά τις διάφορες τιμές του συντελεστή τριβής (μ) συναρτήσει των περιστροφών της μηχανής και του κάθετου φορτίου (N) για το υλικό με την επίστρωση καρβιδίων του τιτανίου, ενώ το δεύτερο τον απλό χάλυβα (S235).



Σχήμα 6.23 Διάγραμμα συντελεστή τριβής μ συναρτήσει συνολικές στροφές (Laps) για την τεχνική FCAW



Σχήμα 6.24 Διάγραμμα συντελεστή τριβής μ συναρτήσει συνολικές στροφές (Laps) για τον S235

Στο παραπάνω διάγραμμα που αναφέρεται στον χάλυβα S235 από την πρώτη εικόνα παρατηρείται ότι στις χαμηλές στροφές εμφανίζονται πολλές διακυμάνσεις στις τιμές, ενώ μετά τις 100000 στροφές οι γραμμές των διαφορετικών φορτίων δείχνουν να συγκλίνουν. Επίσης, με εξαίρεση την γραμμή του φορτίου των 10N που παρουσιάζεται μια άνοδο του συντελεστή τριβής, ο συντελεστής τριβής παραμένει σχετικά σταθερός σε όλο το εύρος των φορτίων. Από την άλλη πλευρά στο γράφημα του χάλυβα με επίστρωση ο συντελεστής τριβής παραμένει σχεδόν σταθερός σε όλο το εύρος των φορτίων όμως με περισσότερες αναταραχές μεταξύ των αποτελεσμάτων και αυτό παρουσιάζεται έντονα στις γραμμές των 1 και 2 N.

ΣΥΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εναπόθεση καρβιδίων του τιτανίου ή αλλιώς επιφανειακή βελτίωση σε χάλυβα τα τελευταία χρόνια έχει αποδείξει ότι μπορεί να προσφέρει βελτιωμένες ιδιότητες στο υλικό, καθώς τα καρβίδια παρέχουν αντοχή, σκληρότητα αλλά και ανθεκτικότητα στον χάλυβα. Έτσι και εμείς με την υλοποίηση της παραπάνω πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιώντας την τεχνική FCAW, δημιουργήσαμε ένα επιφανειακό στρώμα για να μελετήσουμε και εμείς με την σειρά μας όλες αυτές τις μηχανικές του ιδιότητες.

Υποβάλλοντας τα επεξεργασμένα μας δοκίμια σε τριβολογικές μετρήσεις διαπιστώσαμε και εμείς ότι το δοκίμιο με την επίστρωση απέκτησε καλύτερη αντιτριβική συμπεριφορά σε αντίθεση με τον κοινό χάλυβα. Στην περίπτωση της αναγομωμένη επιφάνειας ο συντελεστής τριβής παρατηρείται να αυξάνεται, το γεγονός αυτό δηλώνει τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας που χρειάζεται για να φθαρεί η επιφάνεια στα μεγαλύτερα φορτία. Επιπροσθέτως, μετά την επεξεργασία των διαγραμμάτων παρατηρήθηκε αναλογική αύξηση φθοράς συναρτήσει των περιστροφών, όμως αρκετά μεγαλύτερη φθορά του χάλυβα S235 από εκείνη του αναγομωμένου .

Από την μικροσκοπική ανάλυση του βελτιωμένου δοκιμίου, εμφανίζονται άτηκτα μικρά σωματίδια ,ομοιόμορφα κατανεμημένα όχι μόνο στην επιφάνεια αλλά και βαθύτερα καθώς δημιουργήθηκε τήξη στο Τα μικρά αυτά υπόστρωμα του. υπέρσκληρα σωματίδια είναι τα καρβίδια και το μέγεθος τους κυμαίνεται από περίπου στα 5 μm .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Dong-Dong Zhuang, Wang-Wang Tao, Hua-Min Ni, Ai-Zhong Wang, Bo Du, Shu-Hao Zhang, Xin-Long Lian, Dan Wang, Yang-Ju Feng. TiC distribution and properties of TiC-CrMnFeCoNi coating fabricated by laser cladding with ultrasound

Xingyu Liu, Siyu Chen, Jinjun Zhang, Guang Yang, Ying Zhang, Tao Wang, Jianbo Lei. Enhancement of the electrochemical corrosion resistance of Ti6Al4V alloy reinforced by nano- and micro-TiC particles through directed energy deposition

Liu Zhicheng, Kong Dejun. Effects of TiC mass fraction on microstructure, corrosive-wear and electrochemical properties of laser clad CoCrFeNiMo high-entropy alloy coatings

Fangyong Niu, Weiming Bi, Cunxu Li, Xiong Sun, Guangyi Ma, Dongjiang Wu. TiC ceramic coating reinforced 304 stainless steel components fabricated by WAAM-LC integrated hybrid manufacturing

Ali Günen, Betül Soylu, Özgür Karakaş. Titanium carbide coating to improve surface characteristic, wear and corrosion resistance of spheroidal graphite cast irons

Qian Yuan, Linjiang Chai, Tao Yang, Hao Wang, Jing Shen, Ning Guo, Xing Yin, Jun Xiao. Laser-clad FeCrAl/TiC composite coating on ferrite/martensitic steel: Significant grain refinement and wear resistance enhancement induced by adding TiC

Ευάγγελος γ. Δούλος - Νικόλαος Π. Καλδέλης -Επιφανειακή κραματοποίηση χάλυβων με τεχνικές αναγόμεωσης

Διδακτορική Διατριβή, Αθανάσιος Μουρλάς, Συγκριτική αξιολόγηση εναποθέσεων και ιδιοτήτων επιστρωμάτων κεραμικών και σύνθετων υλικών

Golta Khatibi, Martin Kirchgaßner, Συγκριτική αξιολόγηση εναποθέσεων και ιδιοτήτων επιστρωμάτων κεραμικών και σύνθετων υλικών

Available at :<http://gr.lksteelpipe.com/news/how-the-element-titanium-affect-the-austenite-22955843.html>

Available at :https://ac-elearning.bosch-pt.com/mlearning/bcarbide/pageone_gr.html

Mohsen Mhadhbia and Miloud Driss, Titanium Carbide: Synthesis, Properties and Applications

Available at : <https://nanografι.com/blog/titanium-carbide-nanoparticles-history-properties-synthesis-applications/>

Αλέξανδρος Οικονομόπουλος, Αλέξανδρος Παπαστολόπουλος ,Κωνσταντίνος Πούλος .Μελέτη σχεδιασμός και κατασκευή cnc παντογράφου 3-αξονων για την κοπή και συγκόλληση μετάλλων

ASTM G65 Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus

Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus

Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus

ASTM G105-02 Standard Test Method for Conducting Wet Sand/Rubber Wheel Abrasion Tests

ISO 28080:2011(E) Hardmetals — Abrasion tests for hardmetals

Available at :<https://qcontrol.gr/shop/systasi-sklirotita/fasmatografoi/foritoid-fasmatografoioes/fasmatografos-oes-pmi-master-pro2/>

EN1993-1-10, 2005. EN 1993-1-10: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-10:Material toughness and through-thickness properties. Brussels: European Committee for Standarization