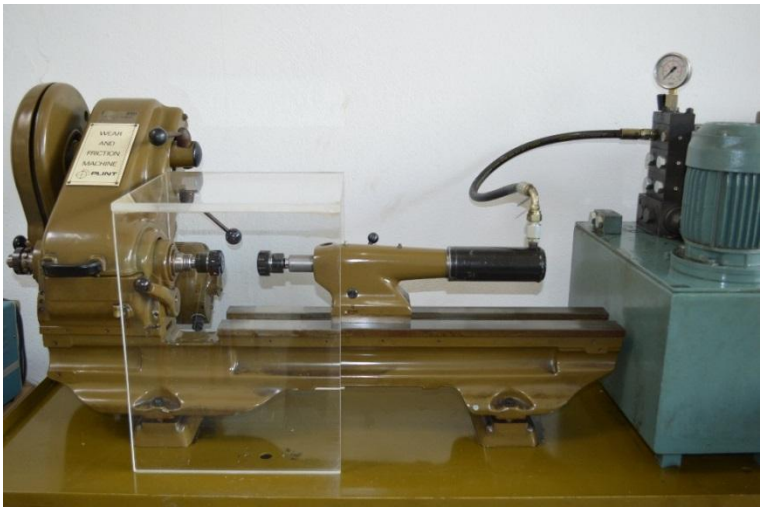
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΔΙΑ ΤΡΙΒΗΣ

ΜΕΡΟΣ 1 (ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΡΗ)

STIR FRICTION WELDING DEVICE

PART I: MECHANICAL PARTS

Σπουδαστής: Βασίλειος Κυπριάδης (Α.Μ.: 40315)

Επιβλέποντες καθηγητές: Δρ Πανδώρα Π. Ψυλλάκη
Αθανάσιος Γ. Μουρλάς

ΑΙΓΑΛΕΩ 2019

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τη μελέτη και κατασκευή διάταξης πειραματικού ελέγχου συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή, Rotary Friction Welding (RFW) κραμάτων αλουμινίου, χάλυβα, μπρούτζου, πλαστικού. Η συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (RFW) είναι μια τεχνική συγκόλλησης στερεάς κατάστασης, η οποία σημείωσε ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη από το 1980. Πλέον, έχει εξελιχθεί σε μια ιδιαιτέρως ελκυστική τεχνική για τη συγκόλληση ανόμοιων κυλινδρικών μετάλλων, με συμμετρία ως προς τον άξονα περιστροφής και βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς κλάδους της βιομηχανίας.

Στην πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε θεωρητική μελέτη και πρακτική εφαρμογή της τεχνικής αυτής για τη συγκόλληση κραμάτων αλουμινίου, χάλυβα, μπρούτζου, πλαστικού. Κύριο μέρος της εργασίας αποτέλεσε η κατασκευή της μηχανολογικής διάταξης συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή, με σκοπό την κατανόηση των βασικών θεμελιωδών αρχών και των παραμέτρων που επηρεάζουν τη διαδικασία συγκόλλησης της μεθόδου, και η αναγνώριση πιθανών ελαττωμάτων στην συγκόλληση ώστε να είμαστε σε θέση να προτείνουμε πιθανές λύσεις, που θα συνεισφέρουν στη βελτιστοποίησή της.

Λέξεις κλειδιά: κατασκευή διάταξης, συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή, συγκόλληση τριβής, κράματα αλουμινίου, χάλυβα, μπρούντζου

Abstract

This diploma thesis deals with the design and construction of a Rotary Friction Welding (RFW) Aluminium alloy, Steel, Brass, Plastic. Rotary Friction Welding (RFW) is a solid state welding technique, which has experienced strong technological development since 1980. It has now become a particularly attractive technique for bonding dissimilar cylindrical metals, symmetrical relative to the rotation axis and finds application in many industries.

In this diploma thesis, it was conducted a theoretical study and consiquently, the practical application of this technique to weld aluminum alloys, steel, brass, plastic. The main objective of this thesis, was the construction of the mechanical friction welding device with the purpose of understanding the basic principles and parameters that influence the process of welding, the method, and the identification of possible weld defects, in order to be able to suggest possible solutions that will contribute to its optimization.

Keywords: construction of experimental ,control of fusion welding by rotation, friction welding, aluminum alloy, steel, bronze, plastic

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να *ευχαριστήσω* την επιβλέπουσα, Δρ. Πανδώρα Π. Ψυλλάκη καθηγήτρια του τμήματος μηχανολογίας Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής για την ανάθεση της πτυχιακής εργασίας και την επιστημονική καθοδήγηση κατά την εκπόνησή της .

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Αθανάσιο Γ. Μουρλά, εργαστηριακό συνεργάτη του τμήματος μηχανολογίας Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, για την συνεχή ενθάρρυνση, κατανόηση και υποστήριξη αλλά και για την προσωπική ενασχόληση του με την πτυχιακή μου εργασία.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου, για την στήριξή που μου παρείχε σε όλη την διάρκεια σπουδών μου

Περιεχόμενα

Περίληψη……....…2
Abstract……...…...3
Ευχαριστίες……...…….…….……4
Περιεχόμενα……...…….……....5
Εισαγωγή……...…….……9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1……...……..…10

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ.....10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΔΙΑ ΤΡΙΒΗΣ….....……..16

2.1 Θεμελιώδεις αρχές…….....……...16

2.2 Τεχνικές συγκόλλησης δια τριβής…….....……...18

2.2.1 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (Rotary Friction Welding) …….....19
2.2.2 Συγκόλληση δια τριβής με γραμμική παλινδρόμηση (Linear Friction Welding).....20
2.2.3 Συγκόλληση δια τριβής με τοξοειδή περιστροφή (Radial Friction Welding….....22
2.2.4 Συγκόλληση δια τριβής με κίνηση σε τροχιά (Orbital Friction Welding)……...…....23
2.2.5 Συγκόλληση δια τριβής με ανάδευση (Friction Stir Welding)…….....25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....27

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΔΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΟΦΗ ……...……..…27

3.1 Θεμελιώδης αρχές τις μεθόδο…….....…….……27

3.2 Μικροδομή και μηχανικές ιδιότητες…….....……...……29

3.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα…….....……...……..29

3.4 Εφαρμογές……..……..……..31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....33

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ ΔΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ.....33

4.1 Μηχανη MyFord Plint TE 97 friction……33

4.2Μηχανικά μέρη που αξιοποιήθηκαν από τη MyFord Plint TE 97 friction…….....34

4.3 Μηχανικά μέρη νέας διάταξης ……35

4.3.1Υδραυλικό συγκρότημα υψηλής πίεσης λαδιού……35

4.3.2 Μετατροπή κεντροφορέα από χειροκίνητη σε αυτόματη……..……40

4.3.3Άξονας τόρνου……..……43

4.3.4Ηλεκτρολογική εγκατάσταση……...……....44

4.3.5 Προστατευτικό Plexiglass……...…….……44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....45

ΔΟΚΙΜΕΣ.....45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....54

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....54

6.1 Συμπεράσματα.....54

6.2 Προτάσεις μελλοντικής έρευνας.....55

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....56

Εικόνες

Εικόνα 2.1 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή.....19
Εικόνα 2.2 γραμμική συγκόλληση τριβής.....21
Εικόνα 2.3 Συγκόλληση δια τριβής με τοξοειδή περιστροφή.....23
Εικόνα 2.4 Συγκόλληση δια τριβής με κίνηση σε τροχιά.....24
Εικόνα 2.5 Συγκόλληση δια τριβής με ανάδευση 26
Εικόνα 3.1 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (άμεσης κίνησης).....28
Εικόνα 3.2 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (αδρανείας).....28
Εικόνα 3.3 Μία μακροσκοπική τομή περιστροφικής τριβής κράματος τιτανίου.....29
Εικόνα 3.4 συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή : (α) άξονας του στροβίλου και (β)ράβδος βαλβίδας.....31
Εικόνα 4.1 Μηχανή Myford Plint.....33
Εικόνα 4.2 Μηχανικά μέρη που αξιοποιήθηκαν.....34
Εικόνα 4.3 Ελαιολεκάνη.....35
Εικόνα 4.4 Πτερυγιοφόρος αντλία.....36
Εικόνα 4.5 Ηλεκτροβαλβίδες.....37
Εικόνα 4.6 Βασική βαλβίδα ελέγχου ροής.....37
Εικόνα 4.7 Βαλβίδα ασφαλείας.....38
Εικόνα 4.8 Μανόμετρο.....39
Εικόνα 4.9 Απλή χειροκίνητη κεντροφορέας.....40
Εικόνα 4.10 Προσαρμογή υδραυλικού έμβολου στην κουκουβάγια.....41
Εικόνα 4.11 Ελαστικός σωλήνας πιέσεως.....41
Εικόνα 4.12 Κώνος τόρνου (Collet).....42
Εικόνα 4.13 Αυτόματος υδραυλικός κεντροφορέας.....42
Εικόνα 4.14 Άξονας τόρνου.....43
Εικόνα 4.15 Προστατευτικό Plexiglass.....44
Εικόνα 4.16 Διάταξη συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή.....45
Εικόνα 5.1 Συγκολλήσεις δοκιμίων.....46

Εικόνα 5.2 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) αρχική φάση.....47
Εικόνα 5.3 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) επαφή δοκιμίων.....47
Εικόνα 5.4 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) επαφή δοκιμίων 48
Εικόνα 5.5 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) επαφή δοκιμίων.....48
Εικόνα 5.6 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) επαφή δοκιμίων.....49
Εικόνα 5.7 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) συγκόλληση.....49
Εικόνα 5.8 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (αλουμίνιο) αρχική φάση.....50
Εικόνα 5.9 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (αλουμίνιο) επαφή δοκιμίων.....50
Εικόνα 5.10 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (αλουμίνιο) συγκόλληση.....51
Εικόνα 5.11 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (μπρούτζος) αρχική φάση.....51
Εικόνα 5.12 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (μπρούτζος) συγκόλληση.....52
Εικόνα 5.13 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (πλαστικό) αρχική φάση.....52
Εικόνα 5.14 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (πλαστικό) επαφή δοκιμίων.....53
Εικόνα 5.15 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (πλαστικό) συγκόλληση.....53

Εισαγωγή

Η γνώση των συγκολλήσεων για έναν μηχανικό μηχανολόγο είναι πολύ σημαντική αφού οι συγκολλήσεις αποτελούν την πιο συνηθισμένη μέθοδο σύνδεσης μεταλλικών μερών σε πολλούς βιομηχανικούς κλάδους. Καθώς η ζήτηση για περίπλοκα προϊόντα αυξάνεται δημιουργείται η ανάγκη της συνεχούς ανάπτυξης των τεχνολογιών παραγωγής.

Στην παρούσα πτυχιακή γίνετε μια προσπάθεια εμβαθύνσεις και κατανόησης των μηχανισμών που διέπουν την διαδικασία συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή. Η συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο στο είδος της, γεγονός λογικό, μιας και αποτέλεσε την βάση στην οποία στηρίχθηκαν οι έρευνες για την ανάπτυξη των υπόλοιπων τεχνικών.

Πρόκειται, για μια τεχνική συγκόλλησης, η οποία πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1891, ενώ γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη από τη δεκαετία του 80’ και μετά. Ουσιαστικά, είναι μια τεχνική συγκόλλησης, στερεάς κατάστασης, ενεργειακά οικονομική, ευέλικτη, φιλική προς το περιβάλλον, με την οποία μπορούν να συγκολληθούν υλικά μεγάλης ποικιλομορφίας, τα οποία δύσκολα συγκολλούνται με τις παραδοσιακές μεθόδους συγκόλλησης. Η μεγάλη χρησιμότητά της, την έχει καταστήσει κυρίαρχη τα τελευταία χρόνια στον κατασκευαστικό τομέα, γεγονός που διαφαίνεται από τις ποικίλες εφαρμογές της, στη ναυπηγική, την αεροναυπηγικής, τη διαστημική τεχνολογία, και στις μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες.

Η παρούσα μελέτη, εστιάζει στη θεωρητική μελέτη και πρακτική εφαρμογή της τεχνικής της συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή, με κύριο αντικείμενο την κατασκευή της μηχανολογικής διάταξης και την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της συγκεκριμένης μεθόδου. Τέλος, η παρούσα εργασία είναι βασισμένη στην έρευνα μιας μεγάλης μερίδας επιστημόνων του κλάδου και στα αποτελέσματα των ερευνών τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

Κατά τη διάρκεια των ετών, έχουν γίνει πολλές προσπάθειες να περιγραφούν τα φαινόμενα της τριβής. Είναι ένα πρόβλημα για την ανθρωπότητα σε όλες τις εποχές. Δεδομένου ότι το άτομο έγινε πιο εφευρετικό, οι επιφάνειες και τα υλικά κλήθηκαν για να εκτελέσουν πιο σύνθετους στόχους. Καθώς οι μηχανές χρειάστηκε να γίνουν γρηγορότερος και να διαρκούν περισσότερο, το πρόβλημα της τριβής έγινε πιο περίπλοκο. Αυτό αντιμετωπιζόταν με τη χρήση ζωικών λιπών, όλων των τύπων λιπών προερχόμενων από θηλαστικά μέχρι και ψάρια, ακόμα και με ορυκτέλαια. Εξειδικευμένες μορφές ελαίων και λιπών ήταν η βασική μέθοδος τοποθέτησης ενός ορίου μεταξύ των μετάλλων, προκειμένου να αυξηθεί η διάρκεια ζωής τους και να μειωθεί η φθορά[1,3].

Η επιστήμη και η τεχνολογία δεν θα μπορούσαν να έχουν προχωρήσει στο βαθμό που είναι σήμερα, χωρίς την κατανόηση του μηχανισμού της τριβής και της φθοράς. Αποτελεί κοινή εμπειρία ότι η απαραίτητη δύναμη για να αρχίσει η ολίσθηση ενός υλικού είναι μεγαλύτερη από αυτή για να διατηρηθεί η κίνηση και επομένως ο συντελεστής στατικής τριβής είναι μεγαλύτερος από εκείνον της δυναμικής τριβής. Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι το εύρος τιμών των δυνάμεων τριβής διαφέρει κατά τάξεις μεγέθους ανάλογα με τις κλίμακες μήκους των εφαρμογών, μακροσκοπικές ή νανοσκοπικές[17].

Όπως ο Γάλλος φυσικός Guillaume Amonton διατύπωσε στον εμπειρικό νόμο της ολίσθησης τριβής, η δύναμη τριβής είναι ανάλογη με το κανονικό φορτίο:

Δύναμη τριβής (T)= συντελεστής τριβής(μ) x φορτίο (N)

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ακριβής τιμή του συντελεστή τριβής εξαρτάται κυρίως από τις πειραματικές συνθήκες υπό τις οποίες μετριέται. Επιπλέον, ένας δεύτερος νόμος της τριβής δηλώνει ότι η δύναμη τριβής είναι ανεξάρτητη από την περιοχή επαφής μεταξύ των δύο επιφανειών. Ο Charles Augustin de Coulomb, επίσης, δήλωσε στον τρίτο του νόμο της μακροσκοπικής τριβής, ότι η δύναμη τριβής είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα ολίσθησης[17].

Ο συντελεστής τριβής είναι ανεξάρτητος από την ταχύτητα ολίσθησης, παρόμοια συμπεριφορά εμφανίζεται για μεταβολές θερμοκρασίας, εκτός και αν εμφανίζονται μετασχηματισμοί φάσης στη διεπαφή.

Στις αρχικές τους προσπάθειες, οι Amontons και Coulomb μεταξύ άλλων, υπέθεσαν ότι η μηχανική αλληλοσύνδεση μεταξύ άκαμπτων ή ελαστικών παραμορφώσεων είναι υπεύθυνη για τη δύναμη τριβής και την επακόλουθη μηχανική φθορά και παραγωγή θερμότητας. Το μοντέλο αυτό υποθέτει οτι τα δύο σώματα εκτελούν ταυτόχρονα διαμήκη και εγκάρσια κίνηση. Η εργασία εκτελείται με κανονικό φορτίο αφού το άνω μέρος του σώματος έχει επιστρέψει στη χαμηλότερη θέση και ανακτά όλη την πιθανή ενέργεια. Δυστυχώς, οι μακροσκοπικές παρατηρήσεις μπορεί να μην συμφωνούν με αυτή τη θεωρία, καθώς οι πολύ γυαλισμένες και λείες επιφάνειες είναι απαραίτητες για τη συγκόλληση εν ψυχρώ και δεν παρουσιάζουν απαραιτήτως χαμηλή τριβή. Ένα επιπλέον πρόβλημα για αυτή τη θεωρία είναι ότι τα μόρια μετασχηματίζονται ενώ διατηρούν την ίδια τραχύτητα της επιφάνειας[1,3].

Ο Ellis (1977) εξέτασε τις σχέσεις μεταξύ της « διαμέτρου τεμαχίου- χρόνου εργασίας τριβής», της «σύμπτυξης - ανασταλτικής πίεσης» και της «διακύμανσης σκληρότητας-ισοδύναμου άνθρακα».

Ο Ishibashi (1983) επέλεξε τον ανοξείδωτο χάλυβα και ταχυχάλυβα ως αντιπροσωπευτικά υλικά με αισθητά δύσκολη συγκολλησιμότητα λαμβάνοντας τις κατάλληλες συνθήκες συγκόλλησης. Στην εργασία του, οι κατανομές στοιχείων κράματος στις διεπαφές συγκόλλησης, για συνδέσεις επαρκούς αντοχής αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας μια μικροϋπολογική συσκευή ακτίνων Χ.

Οι Murti και Sundaresan (1983) εκπόνησαν μια μελέτη σχετικά με τη βελτιστοποίηση των παραμέτρων της συγκόλλησης με τριβή, ανόμοιων υλικών.

Ο Dunkerton (1986) διερεύνησε τα αποτελέσματα της ταχύτητας περιστροφής, της πίεσης τριβής και της ανασταλτικής πίεσης σε όλες τις μεθόδους συγκόλλησης τριβής για χάλυβα.

Ο Yılbas (1995) διερεύνησε τις μηχανικές και μεταλλουργικές ιδιότητες των συγκολλημένων με τριβή χάλυβα-αλουμινίου και αλουμινίου.

Ο Yılmas (1993) διερεύνησε παραλλαγές στη σκληρότητα και στις μικροδομές στη ζώνη συγκόλλησης, ανόμοιων συγκολλημένων υλικών.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι διαμετρικές διαφορές των συστατικών γενικά δημιουργούν δυσκολίες στον προσδιορισμό των κατάλληλων παραμέτρων συγκόλλησης λόγω των διαφορών στην θερμική ικανότητα των συστατικών.

Ο Nentwig (1996) ερεύνησε την επίδραση των διατομικών διαφορών των υλικών, στην ποιότητα των συγκολλήσεων τριβής. Το συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι: συγκρίνοντας τη συγκόλληση με τριβή των τμημάτων που έχουν διαφορετικές εγκάρσιες διατομές με εκείνα των ίδιων διατομών και χρησιμοποιόντας τις ίδιες παραμέτρους συγκόλλησης, η είσοδος θερμότητας είναι ανεπαρκής, και οι παράμετροι συγκόλλησης τριβής των τμημάτων ίσων διατομών δεν μπορούν να μεταφερθούν αυτόματα στις διατομές των διαφορετικών μεγεθών.

Οι Sahin και Akata (2001) ερεύνησαν την ποιότητα συγκόλλησης χρησιμοποιώντας αποτελέσματα δοκιμών εφελκυσμού συγκολλημένων μερών με διαφορετικές διατομές. Ο Akata διεξήγαγε μια λεπτομερή μελέτη σχετικά με την κατασκευή και τον έλεγχο της διάταξης συγκόλλησης τριβής[2].

Σύμφωνα με την American Welding Society, η προέλευση των συγκολλήσεων τριβής χρονολογείται από το 1891, όταν το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τη διαδικασία εκδόθηκε στις ΗΠΑ. Το έργο εξελίχθηκε στην Ευρώπη, καθώς εκεί εκδόθηκαν τα περισσότερα διπλώματα ευρεσιτεχνίας από το 1920 έως το 1944 και στην Σοβιετική Ένωση το 1956. Στη δεκαετία του 1960, οι συγκολλήσεις τριβής αναπτύχθηκαν στις ΗΠΑ από τις AMF, Caterpillar και Rockwell International. Η Rockwell δημιούργησε τις δικές της μηχανές για να συγκολλήσει με διαφορικά περιβλήματα τους άξονες φορτηγών, η AMF παρήγαγε μηχανές για να συγκολλήσει άξονες του τιμονιού και η Caterpillar μηχανές συγκόλλησης τουρμπίνων και υδραυλικών κυλίνδρων[17].

Σήμερα, αντιμετωπίζουμε ακόμη καινούριες απαιτήσεις για μακρύτερη διάρκεια ζωής και μεγαλύτερες ταχύτητες τόσο στον αέρα όσο και στο έδαφος. Αυτό έχει επιφέρει μια νέα παραγωγή μετάλλων και υλικών που έχουν αυξήσει τη διάρκεια ζωής τους κατά κύριο λόγο μέσω της μείωση της τριβής μεταξύ των εξαρτημάτων που συνδυάζονται.

Κάποια έχουν πάρει τη μορφή σκληρότερου μετάλλου και άλλα έχουν υποστεί επιφανειακές βελτιώσεις που λειτουργούν καλύτερα από λάδια ή λίπη.

Συγκεκριμένα πρόκειται για σύνθετα υλικά και κράματα τα οποία διοχετεύονται εντός ή επάνω σε υποστρώματα βασικών μετάλλων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, νέα οξείδια ή σκληρότερα πορώδη μέταλλα αναπτύσσονται ηλεκτροχημικά ή με ψεκασμό πλάσματος ή σε ορισμένες περιπτώσεις, πολλαπλά στρώματα από μαλακά και σκληρά μέταλλα εναποτίθενται και στη συνέχεια διασκορπίζονται και τα δύο μέσα και πάνω στο βασικό μέταλλο[17].

Ο συνεχώς αναπτυσσόμενος ρυθμός της τεχνολογικής προόδου, παραμένει ένα προπύργιο στις οικονομίες των εθνών, καθώς βασίζεται σε καινοτόμες διαδικασίες που προωθούν την ανάπτυξη τους, και κυρίως εκείνων που βασίζονται στις βιομηχανίες. Μια τέτοια καινοτόμος διαδικασία που συνεχίζει να αφήνει το στίγμα σε διάφορους τομείς είναι η τριβή συγκόλλησης. Η συγκόλληση με τριβή είναι μια αποδεδειγμένη και οικονομικώς αποδοτική μέθοδος σύνδεσης παρόμοιων ή πολύ ανόμοιων υλικών που έχει αποδειχθεί πολύ δημοφιλής στην Ευρώπη και την Ασία, αλλά είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστη και ανεπαρκώς αξιοποιημένη στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αυτό συμβαίνει παρά το γεγονός ότι είναι μια ενδεδειγμένη μέθοδος στην παραγωγή αεροσκαφών και αεροπλάνων και στις αυτοκινητοβιομηχανίες, γεγονός ειρωνικό αφού το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τη διαδικασία αυτή δώθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες[2].

Η βιομηχανία A.R.D. παράγει εξαρτήματα συγκολλημένα με τριβή και πραγματοποιεί υπεργολαβικές συγκολλήσεις τριβής των προϊόντων του πελάτη, για μια ευρεία ποικιλία κατασκευαστών, συμπεριλαμβανομένων των γεωργικών, αυτοκινητοβιομηχανικών, ηλεκτρικών, δασικών, μεταλλευτικών, μεταφορικών και άλλων συναφών βιομηχανιών. Η βιομηχανία A.R.D. είναι μόνος κατασκευαστής υπεργολαβιών συγκόλλησης τριβής του Καναδά[1].

Η Inertia Friction Welding (IFW), ένα τμήμα της SSD® Control Technology, Inc. (SSD®) ιδρύθηκε το 1994 ως Inertia Friction Welding, Inc., με σκοπό την κατασκευή συγκολλήσεων τριβής και άλλων τύπων ειδικών μηχανών. Τον Ιανουάριο του 2002, SSD® και Inertia Friction Welding, Inc. συγχωνεύθηκαν, και η IFW έγινε τμήμα της SSD®[1].

Παρά τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο κατασκευαστικός τομέας, η συγκόλληση με τριβή, χάρη στα μοναδικά πλεονεκτήματα της, είναι μια διαδικασία που αυξάνει την δημοτικότητά της. Παρέχοντας τα πλεονεκτήματα που μπορούν να εκμεταλλευτούν άμεσα οι κατασκευαστικές εταιρείες, οι μηχανές συγκόλλησης με τριβή έχουν πλέον μια καταπληκτική άνοδο στις έρευνες από την Κίνα και τη νότια Ασία. Εφόσον οι μηχανικοί και οι σχεδιαστές προϊόντων συνεχίσουν να ερευνούν σε βάθος αυτή τη διαδικασία, θα βγουν πεπεισμένοι ότι η συγκόλληση με τριβή, μπορεί να χρησιμεύσει για να βελτιστοποιήσει και να τελειοποιήσει, τόσο το σχεδιασμό των μέχρι σήμερα μη πραγματοποιημένων εξαρτημάτων, όσο και το κόστος παραγωγής τους[17]. Εάν πράγματι, η αναγκαιότητα είναι η μητέρα της εφεύρεσης, τότε η συγκόλληση με τριβή πρόκειται να διαδραματίσει ουσιαστικό ρόλο στης παγκόσμιας παραγωγής στο μέλλον.

Το ενδιαφέρον για τη συγκόλληση με τριβή, διαφαίνεται από το γεγονός ότι καταβάλλονται σημαντικές προσπάθειες για τη μεταφορά των τεχνολογικών πλεονεκτημάτων από το αλουμίνιο και το μαγνήσιο σε υλικά υψηλότερης θερμοκρασίας, όπως ο χαλκός, ο τιτάνιο και οι χάλυβες. Η TWI έχει ξεκινήσει δύο προγράμματα σε συνεργασία με διάφορους βιομηχανικούς χρήστες για την ανάπτυξη της συγκόλλησης τριβής με ανάδευση τιτανίου και χάλυβα[8].

Η συγκόλληση με τριβή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη «συναρμολόγηση» προκατασκευασμένων εξαρτημάτων και υλικών σε ποικίλες διατάξεις με μια πιο οικονομική μέθοδο, σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις ανάγκες του πελάτη. Το σημαντικό, όσον αφορά τις μεταλλουργικές δοκιμές, είναι οτι η συγκόλλησης με τριβή είναι στερεάς κατάστασης και δεν χρησιμοποιούνται ράβδοι συγκόλλησης ή υλικά πλήρωσης. Αυτό είναι σημαντικό επειδή δεν απαιτείται η τήξη κανενός υλικού.

«Εξετάζοντας ευρύτερα το τι προσφέρει η διαδικασία, συμπεραίνεται χωρίς αμφιβολία, οτι η συγκόλληση με τριβή παράγει την πλήρη συγκόλληση των διατομών, μειώνει τα απόβλητα υλικών και αυξάνει την παραγωγικότητα περιορίζοντας τις χρονοβόρες διεργασίες που σχετίζονται με την προ-κατεργασία», αναφέρει ο Stuart Carlson, ένας μεταλλουργός με πάνω από 30 χρόνια εμπειρίας στον τομέα.

«Αυτοί οι παράγοντες είναι ιδιαίτερα σημαντικοί για τους κατασκευαστές στο σημερινό οικονομικό περιβάλλον, λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα δραματική άνοδο των τιμών του

αλουμινίου, χαλκού, χάλυβα, ανοξείδωτου χάλυβα, τιτανίου και inconel», προσθέτει. Η διαδικασία συγκόλλησης τριβής είναι πλήρως αυτοματοποιημένη μέσω των ελέγχων PLC και PC, και περιλαμβάνει την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την καταγραφή των παραμέτρων της διαδικασίας για να εγγυηθεί την ποιότητα. Τα παγκοσμίως αποδεκτά πρότυπα συγκόλλησης τριβής καθορίζονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO 1562.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΔΙΑ ΤΡΙΒΗΣ

2.1 Θεμελιώδεις αρχές

Παραδοσιακά, η συγκόλληση δια τριβής πραγματοποιείται με την μετακίνηση ενός τεμαχίου σε σχέση με ένα άλλο κατά μήκος ενός άξονα, εφαρμόζοντας παράλληλα μια συμπιεστική δύναμη κατά μήκος της ένωσης. Η θερμοκρασίες που αναπτύσονται στην διεπαφή λόγω τριβής μαλακώνουν και τα δύο τεμάχια, και όταν αυτά πλαστικοποιηθούν, το υλικό διεπαφής εξωθείται από τις άκρες της ένωσης έτσι ώστε να καθαριστεί το υλικό από κάθε στοιχείο που παραμένει κατά μήκος της αρχικής διεπαφής. Στη συνέχεια, η σχετική κίνηση σταματά, εφαρμόζεται μια υψηλότερη τελική συμπιεστική δύναμη πρωτού γίνει η ψύξη της ένωση[1,3].

Το κύριο πλεονέκτημα της συγκόλληση δια τριβής είναι ότι η συγκόλληση πραγματοποιείται σε στερεή κατάσταση και δεν απαιτείται η τήξη των υλικών. Η βασική αρχή αυτής της διαδικασίας είναι η μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε θερμική ενέργεια.

Ένα εξάρτημα κρατείται και περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του ενώ το άλλο στοιχείο δεν περιστρέφεται αλλά μπορεί να κινηθεί αξονικά προκειμένου να έλθει σε επαφή με το περιστρεφόμενο στοιχείο. Στο σημείο που η θερμοκρασία τήξης επιτυγχάνεται, η περιστροφή διακόπτεται και εφαρμόζεται μεγαλύτερη πίεση. Κατόπιν, η θερμότητα που παράγεται λόγω της τριβής, συγκεντρώνεται στη διεπαφή, η δομή των κόκκων λειαίνεται από την καυτή διεργασία και επιτυγχάνεται η συγκόλληση χωρίς να προκληθεί η τήξη του βασικού μετάλλου[6].

Πλεονεκτήματα[4,5,6]:

Η συγκόλληση δια τριβής είναι οικονομική, δεδομένου ότι επιτρέπει την ένωση μεταξύ διαφορετικών υλικών, ένα από τα οποία μπορεί να είναι χαμηλού κόστους, με ελάχιστο κόστος ποιοτικού ελέγχου και με εγγύηση την υψηλή ποιότητα συγκόλλησης. Επιπλέον, ο κύκλος συγκόλλησης είναι εξαιρετικά σύντομος, έτσι η παραγωγικότητα είναι πολύ ελκυστική. Η διαδικασία συγκόλλησης δια τριβής είναι κατάλληλη για τη μαζική παραγωγή.

Η διαδικασία συγκόλλησης δια τριβής είναι κατάλληλη για μη ομοιογενείς συνδέσεις που περιλαμβάνουν υλικά με πολύ διαφορετικές χημικές, μηχανικές και θερμικές ιδιότητες. Η διαδικασία είναι ενδεδειγμένη για αυτοματοποίηση και εφαρμόσιμη για χρήση με ρομπότ.

Μειονεκτήματα[4,5,6]:

Τα μειονεκτήματα της συγκόλλησης δια τριβής είναι :

- Δεν είναι εφικτές σε όλες τις διατάξεις,
- Απαιτείται μηχανή επαρκούς ισχύος
- Για σύντομες διαδικασίες, η συγκόλληση μπορεί να μην είναι οικονομική

Εκτός από το κόστος του εξοπλισμού, που πρέπει να είναι κατάλληλος για τις προοριζόμενες ενώσεις, η διαδικασία συγκόλλησης δια τριβής έχει μερικές δαπάνες στη σχεδίαση και την οργάνωση που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό των δαπανών ανά συγκόλληση. Επιπλέον, μπορεί να χρειαστούν εργασίες φινιρίσματος οι οποίες πιθανών να αυξήσουν το συνολικό κόστος[5].

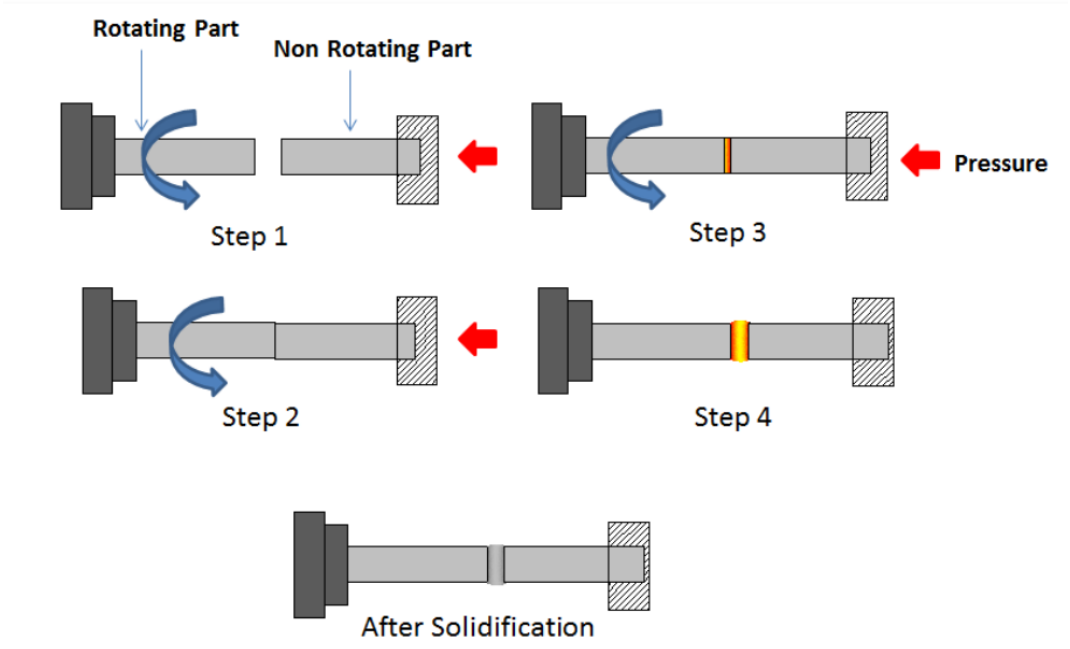
2.2 Τεχνικές συγκόλλησης δια τριβής[3,4,6]

Η κατάταξη των διαφόρων τεχνικών συγκόλλησης δια τριβής γίνεται ανάλογα με τη σχετική κίνηση των τεμαχίων που τίθενται για συγκόλληση και με βάση την παροχή της ισχύος στο σύστημα, εκτός από την περίπτωση της συγκόλλησης δια τριβής με ανάδευση όπου τα τεμάχια είναι σταθερά. Η σχετική κίνηση των δύο τεμαχίων μπορεί να γίνεται ως εξής:

- Συγκόλληση με περιστροφή (Rotary Friction Welding-RFW). Ένα εκ των δύο τεμαχίων καθώς περιστρέφεται έρχεται σε επαφή με το δεύτερο ακίνητο σώμα.
- Συγκόλληση με γραμμική παλινδρόμηση (Linear Friction Welding-LFW). Ένα εκ των δύο τεμαχίων παλινδρομεί γραμμικά, ενώ βρίσκεται σε επαφή με το προς συγκόλληση σώμα.
- Συγκόλληση με τοξοειδή περιστροφή (Radial Friction Welding-RFW). Ένα εκ των δύο σωμάτων περιστρέφεται κατά μήκος του τόξου και σε κοινό άξονα με το δεύτερο τεμάχιο που εφάπτεται σε αυτό.
- Συγκόλληση με κίνηση σε τροχιά (Orbital Friction Welding-OFW). Τα δύο τεμάχια περιστρέφονται ομόρροπα και υπό επαφή, σε άξονες που είναι παράλληλοι αλλά έχουν μετατοπιστεί κατά μία μικρή απόσταση μεταξύ τους. Υπάρχουν και περιπτώσεις που μόνο το ένα τεμάχιο κινείται κατά μήκος ενός κύκλου και σε επαφή με το δεύτερο σώμα.
- Συγκόλληση δια τριβής με ανάδευση (Stir Friction Welding-SFW). Ειδικό εργαλείο συγκόλλησης, περιστρέφεται, βυθίζεται και στη συνέχεια κινείται κατά μήκος της ένωσης των προς συγκόλληση τεμαχίων.

2.2.1 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (Rotary Friction Welding)

Η συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή είναι μια μέθοδος με την οποία δύο τεμάχια ενώνονται εξαιτίας της ανάπτυξης θερμότητας λόγω της μεταξύ τους τριβής. Συγκεκριμένα, για την συγκόλληση χρησιμοποιούνται δύο τεμάχια το ένα εκ των οποίων κινείται μόνο περιστροφικά, ενώ στο άλλο εφαρμόζεται μόνο κίνηση πρόωσης πιέζοντας το πρώτο κομμάτι είτε με σταθερή είτε με αυξανόμενη πίεση. Κατ' αυτόν τον τρόπο αναπτύσσεται θερμότητα και προκαλείται η πλαστικοποίηση των υλικών. Η διαδικασία αυτή προκαλέι την παραμόρφωση των τεμαχίων σχηματίζοντας ένα κολάρο και προκαλόντας τη μείωση των τεμαχίων προς την κατεύθυνση της συμπιεστικής δύναμης. Τέλος, ταυτόχρονα με την παύση της περιστροφικής κίνησης του πρώτου κομματιού, ασκείται αυξημένη αξονική πίεση του δεύτερου προς αυτό, με αποτέλεσμα την συγκόλληση των τεμαχίων. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ενδεδειγμένη για την συγκόλληση μεταξύ διαφορετικών υλικών[8,10].



Εικόνα 2.1 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή

2.2.2 Συγκόλληση δια τριβής με γραμμική παλινδρόμηση (Linear Friction Welding)

Η γραμμική συγκόλληση τριβής (LFW) επιτυγχάνεται όταν τα δύο τεμάχια προς συγκόλληση αποκτούν μια σχετική γραμμική κίνηση μεταξύ τους. Αρχικά ασκείται πρόωση μεταξύ των υλικών, ενώ στη συνέχεια προκαλείται παλινδρομική κίνηση στο ένα από αυτά. Μέσω της τριβής που δημιουργείται, αναπτύσσεται θερμότητα η οποία προκαλεί την τήξη των επιφανιών που αλληλοεπιδρούν, έτσι εξαλείφονται και οι τυχόν ατέλειες τους και προκαλείται η πλαστικοποίηση των τεμαχίων στην περιοχή συγκόλλησης. Μετά την παραμόρφωση των δοκιμίων εξαιτίας της παραπάνω διαδικασίας επέρχεται η συγκόλληση του υλικού με την ακαριαία παύση της παλινδρομικής κίνησης και την ταυτόχρονη αύξηση της αξονικής δύναμης ώστε να ισχυροποιηθεί η ένωση. Ο χαλκός, το αλουμίνιο, ο χάλυβας και κράματα μετάλλων όπως αυτά από τιτάνιο συγκολλούνται με την συγκεκριμένη τεχνική.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στην αεροδιαστημική βιομηχανία καθώς επιτρέπει την ένωση υλικών που δύσκολα συνδέονται, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διαδικασία επισκευής και να κατασκευάσει τις σύνθετες δομές που απαιτούνται για τους σημερινούς αεροστρόβιλους. Επιπλέον, χρησιμοποιείται για την ένωση των λεπίδων στους δίσκους στη βιομηχανία αεροκινητήρων[9]. Οι μηχανές γραμμικής συγκόλλησης τριβής χαμηλότερου κόστους εφαρμόζονται τώρα στις αυτοκινητοβιομηχανίες, για την επεξεργασία των δισκόφρενων, των πλαισίων ροδών και των μηχανικών μερών[9,16].

Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι[9,16]:

- η γρήγορη εκτέλεση της διαδικασίας,
- η εύκολη αυτοματοποίηση της, με αποτέλεσμα ελάχιστα ποσοστά ατελειών,
- ο μικρό χρόνος προετοιμασίας των επιφανειών προς κατεργασία
- δεν απαιτούνται μέταλλα πλήρωσης και αναλώσιμα
- δεν δημιουργούνται πόροι και ρογμές καθώς η συγκόλληση παραμένει σε στερεή κατάσταση

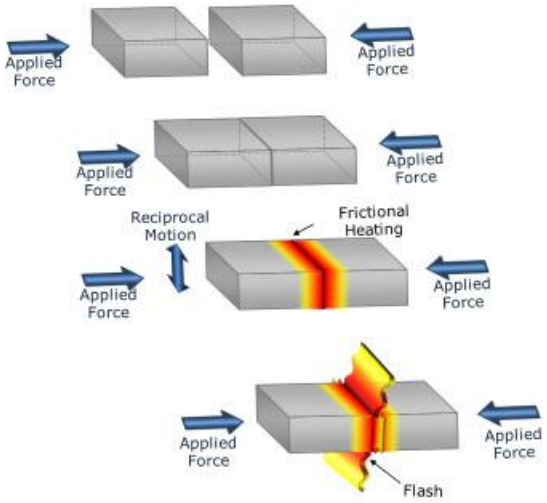
Αν και χρησιμοποιείτε για πάνω από 10 χρόνια, η διαδικασία γραμμικής συγκόλλησης τριβής έχει βρει βιομηχανική εφαρμογή μόνο στην κατασκευή κινητήρων αεροσκαφών, γεγονός που οφείλεται εν μέρει στο υψηλό κόστος των μηχανών συγκόλλησης. Έχει αποδειχθεί μια

ιδανική διαδικασία για την ένωση των πτερυγίων τουρμπίνων, όπου το υψηλό κόστος των εξαρτημάτων δικαιολογεί το κόστος μιας μηχανής LFW.

Τα τελευταία χρόνια, τα ερευνητικά προγράμματα της γραμμικής συγκόλλησης τριβής έχουν αντιμετωπίσει τα ακόλουθα θέματα[9]:

- Εξαρτήματα με ακανόνιστη διατομή και σύνθετα σχήματα.
- Δύσκολη συγκόλληση κραμάτων ανθεκτικών στη θερμότητα.
- Ανόμοιοι συνδυασμοί υλικών.
- Προστατευτικά αέρια στα υλικά που αλληλεπιδρούν.
- Συνένωση κραμάτων μονοκρυσταλλικού νικελίου με πολυκρυσταλλικά κράματα.

Ωστόσο, για να αυξηθεί σημαντικά η εφαρμογή του LFW σε βιομηχανίες όπως η αυτοκινητοβιομηχανία και η παραγωγή ενέργειας, το κόστος των μηχανημάτων γραμμικής συγκόλλησης τριβής πρέπει να μειωθεί δραστικά. Μια μελέτη χρηματοδοτούμενη από την ΕΕ ολοκληρώθηκε πρόσφατα για την κατασκευή μηχανής γραμμικής συγκόλλησης τριβής χαμηλού κόστους.Το μηχάνημα (Linfric) έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει τις συγκολλήσεις σε μεγάλες κατασκευές[16].

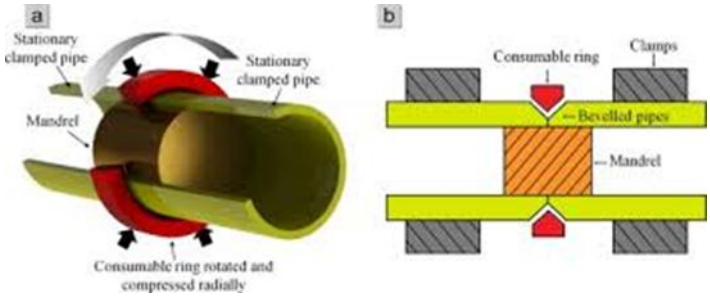


Εικόνα 2.2 Γραμμική συγκόλληση τριβής

2.2.3 Συγκόλληση δια τριβής με τοξοειδή περιστροφή (Radial Friction Welding)

Η συγκόλληση δια τριβής με τοξοειδή περιστροφή χρησιμοποιείται για την ένωση κυλινδρικών κοίλων τεμαχίων όπως είναι οι σωλήνες. Στην τεχνική αυτή παρουσιάζονται κάποιες δυσκολίες οι οποίες σχετίζονται με το μηχανισμό περιστροφής και την εφαρμογή ομοιόμορφων και σταθερών δυνάμεων στις επιφάνειες επαφής. Επιπλέον, ο σχηματισμός δύο εσωτερικών 'κολάρων' αποτελούμενων από την αποβαλλόμενη μάζα δημιουργεί περαιτέρω εμπόδια στην συγκόλληση των εξαρτημάτων με σωληνοειδή μορφή[11]. Για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί αναπτύχθηκε μια νέα μέθοδος, η συγκόλληση δια τριβής με τοξοειδή περιστροφή. Σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας της συγκόλλησης δια τριβής με τοξοειδή περιστροφή τα άκρα των δύο σωλήνων που πρόκειται να συγκολληθούν αρχικά υποβάλλονται σε κατεργασία έτσι ώστε όταν έρθουν σε επαφή να σχηματίζουν διατομή τύπου 'V'. Η διατομή που σχηματίζεται αποτελείται από μία επιφάνεια κάθετη στην ακτίνα των δύο κυκλικών σωλήνων και από μία δεύτερη επιφάνεια η οποία σχηματίζει μία αμβλεία γωνία σε σχέση με την ακτινική διεύθυνση των σωλήνων. Με αυτόν τον τρόπο όταν τα άκρα των δύο σωλήνων έρθουν σε επαφή δημιουργείται μια εσοχή αποτελούμενη από τρεις πλευρές. Στη συνέχεια ένας δακτύλιος τραπεζοειδούς διατομής περιστρέφεται γύρω από τα άκρα των δύο ακίνητων σωλήνων εντός της διατομής που έχει σχηματιστεί, ενώ ταυτοχρόνως υπόκειται σε επιβολή περιφερειακής πίεσης με αποτέλεσμα η τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ των επιφανειών του δακτυλίου και των τμημάτων του σωλήνα να συντελέσει στην δημιουργία των κατάλληλων θερμομηχανικών συνθηκών που απαιτούνται ώστε να επιτευχθεί η συγκόλληση. Ύστερα από συγκεκριμένη χρονική διάρκεια η περιστροφή του δακτυλίου σταματά, ενώ η επιβολή του περιφερειακού φορτίου είτε διακόπτεται, είτε εξακολουθεί να εφαρμόζεται έτσι ώστε να ισχυροποιηθεί ο δημιουργούμενος δεσμός. Η γωνία που σχηματίζουν οι μη παράλληλες πλευρές του δακτυλίου είναι μικρότερη από τη γωνία που σχηματίζουν οι πλευρές της διατομής που δημιουργούν τα άκρα των δύο σωλήνων. Η διαφορά αυτή αποσκοπεί στην εξασφάλιση του χώρου που απαιτείται ώστε να διοχετευτεί το υλικό που πλαστικοποιείται και εν συνεχεία αποβάλλεται από την επιφάνεια τριβής προς την εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων[6,11]. Στο εσωτερικό των δύο σωλήνων, στην περιοχή της ένωσης των δύο άκρων τους, τοποθετείται μια μεταλλική υποστηρικτική μπάρα. Η μπάρα αυτή εξυπηρετεί δύο σκοπούς. Ο πρώτος, είναι η στήριξη των άκρων των σωλήνων ώστε να

αποφευχθεί πιθανή κατάρρευσή τους υπό το βάρος της περιφερειακής πίεσης, και ο δεύτερος, η διασφάλιση της ροής του υλικού που πλαστικοποιείται προς την εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων ώστε να αποφευχθεί πιθανή είσοδος του υλικού προς την εσωτερική επιφάνειά τους. Είναι επίσης απαραίτητη η πάκτωση των προς συγκόλληση σωλήνων ώστε να καταστεί ανέφικτη οποιαδήποτε κίνηση είτε κατά την αξονική είτε κατά την ακτινική διεύθυνση. Έχει διαπιστωθεί ότι κράματα νικελίου αποτελούν ιδανική επιλογή για τις υποστηρικτικές μπάρες αφού παρουσιάζουν πολύ καλή συμπεριφορά απέναντι στα αξονικά φορτία και τις υψηλές θερμοκρασίες που σημειώνονται κατά την συγκόλληση[6,11].



Εικόνα 2.3 Συγκόλληση δια τριβής με τοξοειδή περιστροφή

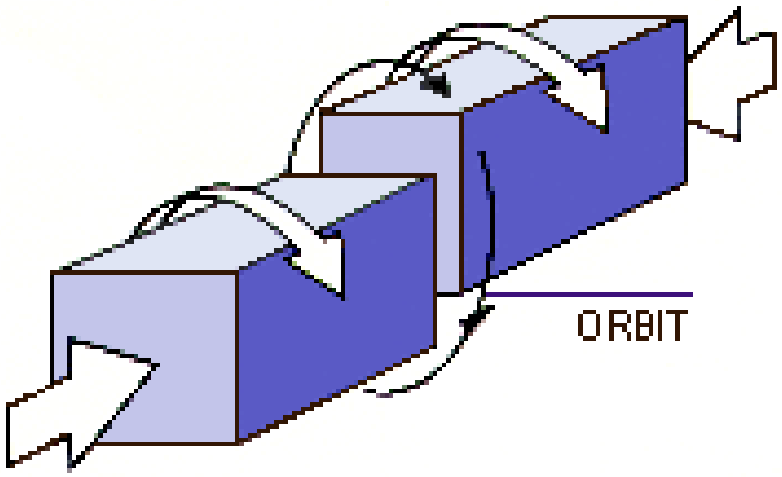
2.2.4 Συγκόλληση δια τριβής με κίνηση σε τροχιά (Orbital Friction Welding)

Η συγκόλληση δια τριβής με κίνηση σε τροχιά των προς συγκόλληση τεμαχίων (Orbital Friction Welding αποτελεί μια εξέλιξη των μεθόδων συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή και με γραμμική παλινδρόμηση. Ονομάζεται έτσι διότι το κέντρο του κάθε τεμαχίου κατά την κίνησή του, σε σχέση με το δεύτερο , καταγράφει μία κυκλική τροχιά, έτσι ώστε να δημιουργηθεί η απαραίτητη σχετική κίνηση και επομένως τριβή μεταξύ των τεμαχίων. Τα προς συγκόλληση ορθογωνικά τεμάχια κινούνται περί των αξόνων τους κατά την ίδια φορά και με την ίδια ταχύτητα περιστροφής. Οι δύο άξονες είναι παράλληλοι αλλά υπάρχει μια μικρή μετατόπιση του ενός σε σχέση με τον άλλο. Κατά τη διάρκεια της περιστροφής εφαρμόζεται και στα δύο τεμάχια αξονική δύναμη κάθετη στην επιφάνεια τριβής. Όπως και στην περίπτωση της γραμμικής συγκόλλησης τριβής έτσι και στην συγκόλληση δια τριβής με κίνηση σε τροχιά , μετά την παύση της κίνησης και αφού τα δύο τεμάχια ευθυγραμμιστούν,

εφαρμόζεται ισχυρή αξονική δύναμη ώστε να εδραιωθεί και ισχυροποιηθεί η ένωση των τεμαχίων[12,13].

Και στη γραμμική συγκόλληση τριβής και στη συγκόλληση δια τριβής με κίνηση σε τροχιά είναι δυνατή η συγκόλληση μη κυλινδρικών τεμαχίων, ενώ η θερμότητα στην επιφάνεια επαφής αναπτύσσεται σε μεγάλο βαθμό ομοιόμορφα. Σε σύγκριση με την γραμμική συγκόλληση τριβής η συγκόλληση δια τριβής με κίνηση σε τροχιά είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να δίνει ακόμα μεγαλύτερο βαθμό ομοιομορφίας της παραγόμενης θερμότητας, αφού τόσο το μέτρο όσο και η διεύθυνση της ταχύτητας της σχετικής κίνησης των δοκιμίων είναι αμετάβλητες[13].

Εξ' αιτίας της άμεσης μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε θερμική στις επιφάνειες επαφής η συγκόλληση χαρακτηρίζεται από ταχύτητα και οικονομία και γι' αυτό η συγκόλληση δια τριβής με κίνηση σε τροχιά έχει εφαρμοστεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό στην βιομηχανία αφού είναι μια αξιόπιστη μέθοδος συγκόλλησης που εύκολα αυτοματοποιείται. Για παράδειγμα, τα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τη συγκόλληση τήξης χαλύβων που περιέχουν υψηλά ποσοστά άνθρακα, εξ' αιτίας της χαμηλής τους συγκολλησιμότητας, μπορούν να ξεπεραστούν με τη χρήση της συγκόλληση δια τριβής με κίνηση σε τροχιά[13].



Εικόνα 2.4 Συγκόλληση δια τριβής με κίνηση σε τροχιά

2.2.5 Συγκόλληση δια τριβής με ανάδευση (Friction Stir Welding)

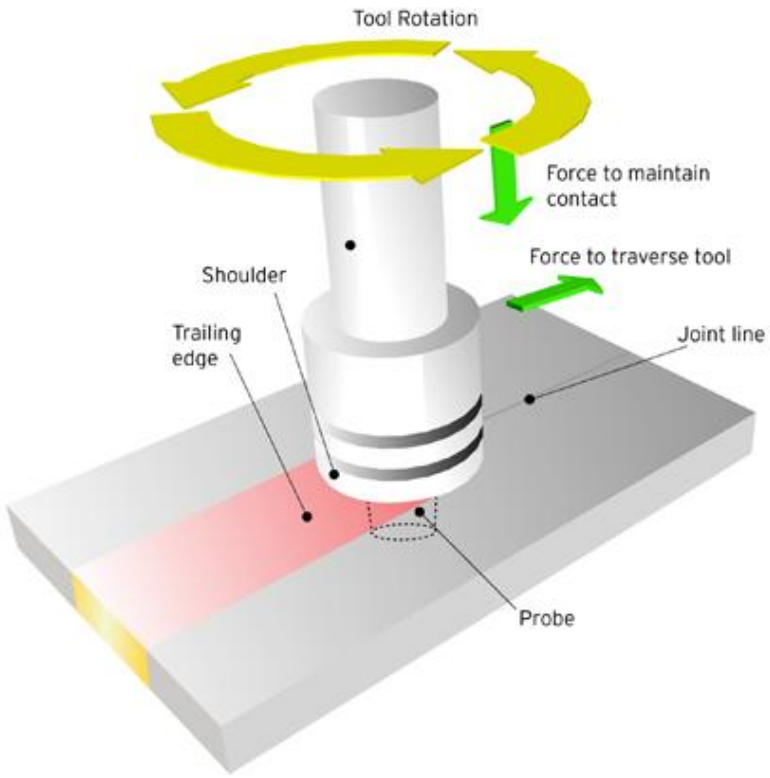
Η συγκόλληση δια τριβής με ανάδευση παράγει επίσης μια πλαστικοποιημένη περιοχή του υλικού, αλλά κατά τρόπο διαφορετικό.

Ένα μη αναλώσιμο περιστρεφόμενο εργαλείο ωθείται στα υλικά προς συγκόλληση και έπειτα ο πείρος ακολουθούμενος από το περιαυχένιο έρχεται σε επαφή με τα δύο μέρη προς σύνδεση. Η περιστροφή του εργαλείου θερμαίνει και πλαστικοποιεί τα υλικά που είναι σε επαφή και καθώς το εργαλείο κινείται κατά μήκος της γραμμής σύνδεσης, το υλικό από το εμπρόσθιο τμήμα του εργαλείου σαρώνεται γύρω από αυτόν τον πλαστικοποιημένο δακτύλιο προς το οπίσθιο τμήμα, εξαλείφοντας έτσι κάθε ανώμαλη επιφάνεια[7,14,15].

Η συγκόλληση δια τριβής με ανάδευση είναι μια νέα τεχνική συγκόλλησης που εφευρέθηκε από το Ινστιτούτο Συγκόλλησης (TWI) το 1991. Η συγκόλληση δια τριβής με ανάδευση είναι στην πραγματικότητα μια διαδικασία σύνδεσης σε στερεά κατάσταση. Δεδομένου ότι η διαδικασία αναπτύσσει θερμοκρασίες κάτω από το σημείο τήξης του υλικού κομματιού εργασίας,η συγκόλληση δια τριβής με ανάδευση έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με την συγκόλληση σύντηξης[14,15].

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της διαδικασίας είναι[7,15]:

1. ενεργειακά αποδοτική
2. απαιτεί ελάχιστα έως καθόλου αναλώσιμα
3. παράγει τις επιθυμητές μικροδομές στη συγκόλληση και στις θερμικά επηρεασμένες ζώνες
4. φιλική προς το περιβάλλον (απουσία καπνού, θορύβου, ή σπινθήρα)
5. μπορεί να ενώσει επιτυχώς τα υλικά που δεν μπορούν να συγκολληθούν με τις μεθόδους συγκόλλησης σύντηξης.
6. προκαλεί τη λιγότερη δυνατή παραμόρφωση σε σχέση με τις τεχνικές συγκόλλησης σύντηξης.



Εικόνα 2.5 Συγκόλληση δια τριβής με ανάδευση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΔΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΟΦΗ

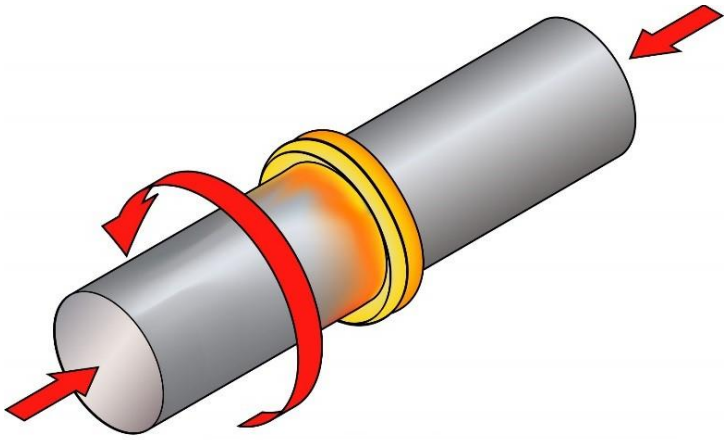
3.1 Θεμελιώδεις αρχές της μεθόδου

Η συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (RFW) είναι μια διαδικασία σύνδεσης στερεάς κατάστασης η οποία λειτουργεί με περιστροφή ενός τεμαχίου σε σχέση με ένα άλλο ενώ βρίσκεται υπό μία συμπιεστική αξονική δύναμη. Η τριβή μεταξύ των επιφανειών παράγει θερμότητα, προκαλώντας πλαστικοποίηση του υλικού διεπαφής. Η συμπιεστική δύναμη μετατοπίζει το πλαστικοποιημένο υλικό από τη διεπαφή, εξαλείφοντας το αρχικό στρώμα επιφανειακού οξειδίου. Αυτή η διαδικασία παραμόρφωσης σχηματίζει ένα κολάρο φλας και προκαλεί τη μείωση των τεμαχίων προς την κατεύθυνση της συμπιεστικής δύναμης. Μόλις επιτευχθεί η απαιτούμενη παραμορφοση η κίνηση περιστροφής σταματά και μια απότομα αυξανόμενη δύναμη για μια χρονική περίοδο για να συμβάλλει στην πραγματοποίηση της συγκόλλησης. Υπάρχουν δύο κύριοι μηχανισμοί για την μεταφορά της ενέργειας στη διεπαφή συγκόλλησης[17]:

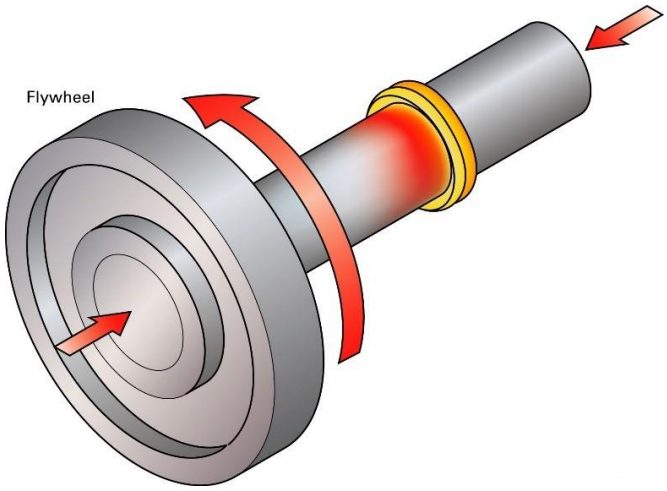
- Άμεση μετάδοση κίνησης - το περιστρεφόμενο τμήμα κινείται συνεχώς από τον κινητήρα του άξονα εξοπλισμού (Εικόνα 3.1).
- Αδράνεια - το περιστρεφόμενο τμήμα συνδέεται με έναν σφόνδυλο ο οποίος αποσυνδέεται από τον κινητήρα μετά την επίτευξη της επιθυμητής ταχύτητας περιστροφής. Στη συνέχεια, τα τεμάχια εργασίας δεσμεύονται και ο σφόνδυλος τροφοδοτεί την ενέργεια στη διεπαφή. Κατά τη διάρκεια αυτής της προσέγγισης, η ταχύτητα περιστροφής μειώνεται σταδιακά σε στάση (Εικόνα 3.2).

Η συγκόλληση τριβής αδράνειας είναι μια παραλλαγή της συγκόλλησης τριβής στην οποία η ενέργεια που απαιτείται για να γίνει η συγκόλληση παρέχεται κυρίως από την αποθηκευμένη περιστροφική κινητική ενέργεια της μηχανής συγκόλλησης. Στη συγκόλληση αδράνειας, ένα από τα κομμάτια εργασίας συνδέεται με έναν σφόνδυλο και το άλλο παραμένει σταθερό ως προς την περιστροφή.

Ο σφόνδυλος επιταχύνεται σε μια προκαθορισμένη περιστροφική ταχύτητα, αποθηκεύοντας την απαραίτητη ενέργεια. Η μηχανή κίνησης αποσυνδέεται και τα κομμάτια εργασίας αλληλοεπιδρούν εξαιτίας της δύναμη συγκόλλησης τριβής. Αυτό αναγκάζει τις επιφάνειες να τριφτούν μεταξύ τους υπό πίεση. Η κινητική ενέργεια που αποθηκεύεται στον περιστρεφόμενο σφόνδυλο απελευθερώνεται ως θερμότητα μέσω της τριβής στη συγκόλληση διεπαφής καθώς η ταχύτητα σφονδύλων μειώνεται. Μια αύξηση στη δύναμη εφαρμόζεται πριν από την παύση της περιστροφής, η οποία διατηρείται για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα[8].



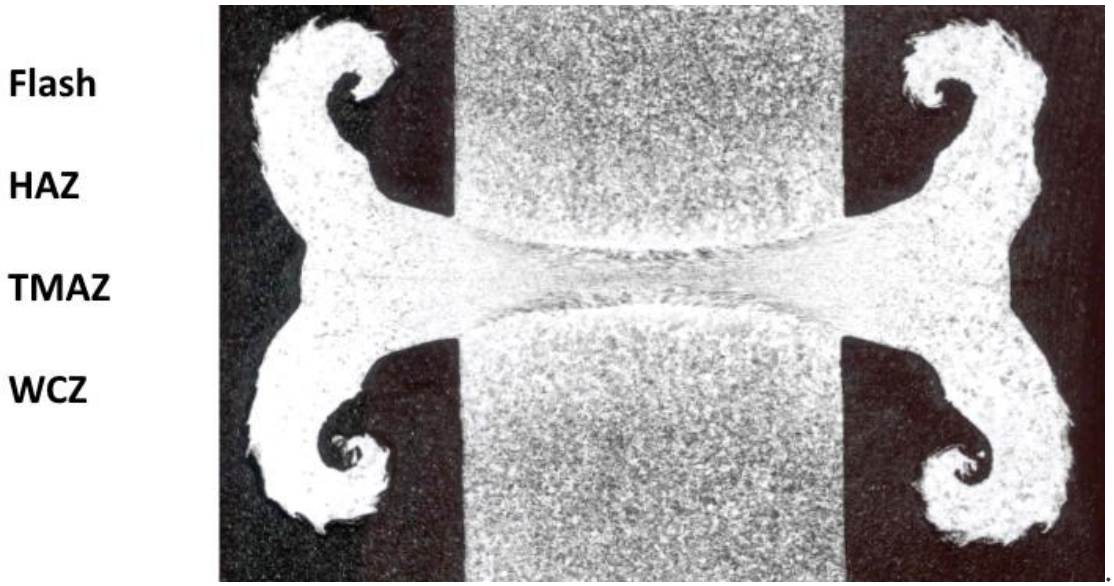
Εικόνα 3.1 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (άμεση κίνηση)



Εικόνα 3.2 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (αδρανεία)

3.2 Μικροδομή και μηχανικές ιδιότητες

Οι συγκολλήσεις δια τριβής με περιστροφή παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον στην μικροδομή του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Δημιουργούνται : μία ζώνη συγκόλλησης (WCZ), μια θερμομηχανικα επηρεαζόμενη ζώνη (TMAZ) και μια θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη (HAZ).Η έκταση και η μικροδομική σύνθεση αυτών των ζωνών εξαρτώνται από τα υλικά και τις συνθήκες επεξεργασίας. Η περιοχή συγκόλλησης περιβάλλεται από ένα κολάρο . Ένα τυπικό παράδειγμα συγκόλλησης παρουσιάζεται στην (Εικόνα 3.3)[8].



Εικόνα 3.3 Μία μακροσκοπική τομή περιστροφικής τριβής κράματος τιτανίου

3.3Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα[8,10]

Η συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις ανταγωνιστικές διαδικασίες παραγωγής, για παράδειγμα:

- Η θερμότητα συγκόλλησης προκαλεί μικρή θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη
- Εξοικονόμηση κόστους υλικού και επεξεργασίας
- Πλήρης συγκόλληση διατομής
- Υψηλά ποσοστά παραγωγής
- Αυτόματη επανάληψη
- Ισχυρότερο από το δοκίμιο, με την υψηλή αντοχή στην κόπωση
- Παρόμοιο και ανόμοιο υλικό που ενώνεται χωρίς την προσθήκη ροής ή μετάλλων πληρώσεως
- Χαμηλή παραμόρφωση, ακόμη και στις μεγάλες συγκολλήσεις
- Άριστες μηχανικές ιδιότητες όπως αποδεικνύεται από δοκιμές κόπωσης, εφελκυσμού, κάμψης
- Δεν παράγει επιβλαβείς αναθυμιάσεις
- Δεν δημιουργεί πόρους και ρογμές
- Δεν δημιουργεί σπινθήρες
- Δεν απαιτείται πιστοποίηση συγκολλητή
- Μπορεί να λειτουργήσει σε όλες τις θέσεις
- Πιο αποδοτική ενεργειακά από άλλες τεχνολογίες συγκόλλησης
- Περιβαλλοντικά φιλική διαδικασία, ελαχιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας και δεν παράγει καπνό, αέριο ή απόβλητα
- Δυνατότητα συγκόλλησης ανόμοιων μετάλλων, με αποτέλεσμα τη βελτιστοποίηση της ποιότητας του προϊόντος και των ιδιοτήτων του
- Εξοικονόμηση του χρόνου εργασίας και του υλικού κατεργασίας
- Δυνατότητα συγκόλλησης ελαφρύτερων και χαμηλότερου κόστους υλικών με ακριβότερα

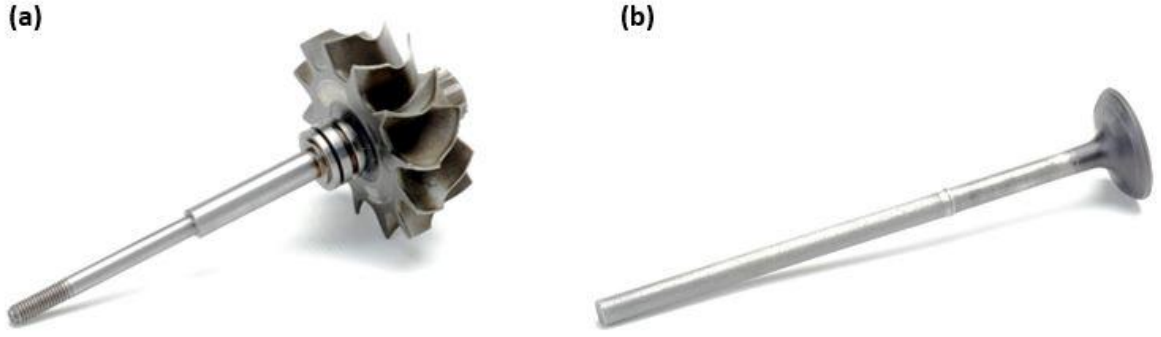
Τα μειονεκτήματα της συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή είναι :

- Δεν είναι εφικτές σε όλες τις διατάξεις,
- Απαιτείται μηχανή επαρκούς ισχύος
- Για σύντομες διαδικασίες, η συγκόλληση μπορεί να μην είναι οικονομική

3.4 Εφαρμογές[8,10]

Η συγκολλήση δια τριβής με περιστροφή εφαρμόζεται ευρέως σε όλο τον κατασκευαστικό τομέα και έχει χρησιμοποιηθεί για πολλές εφαρμογές, όπως:

- Στρόβιλοι
- Εξαρτήματα αυτοκινήτων, συμπεριλαμβανομένων των αξόνων φορτηγών και των περιβλημάτων
- Μοντέλα θαλάσσιου εξοπλισμού
- Βέργες εμβόλου
- Ηλεκτρικές συνδέσεις χαλκού-αλουμινίου
- Εργαλεία κοπής
- Σωληνωτά μεταβατικά αρθρώματα που συνδυάζουν ανόμοια μέταλλα (αλουμινίου-τιτανίου και αλουμινίου-ανοξείδωτου χάλυβα)



Εικόνα 3.4 Συγκολλήση δια τριβής με περιστροφή : (α) άξονας του στροβίλου και (β) ράβδος βαλβίδας

Όταν χρησιμοποιούνται οι βέλτιστες συνθήκες επεξεργασίας, η συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή μπορεί να παράγει αρμούς οι οποίοι είναι ανώτεροι ή παρόμοιοι σε ισχύ με το μητρικό υλικό. Αυτό ισχύει για πολλούς παρόμοιους και ανόμοιους συνδυασμούς υλικών.

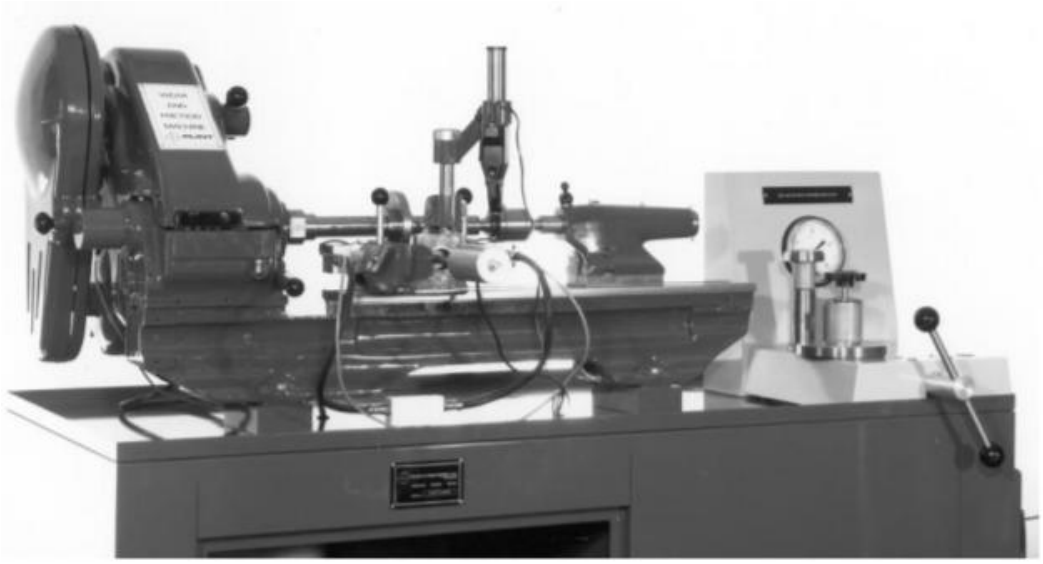
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ ΔΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ

4.1 Μηχανη MyFord Plint TE 97 friction

Η μηχανή myford plint (εικόνα 4.1) κατασκευάστηκε για πρώτη φορά από την εταιρία Plint με σκοπό την επίτευξη δοκιμών τριβολογίας. Ο σχεδιασμός της μηχανής πραγματοποιήθηκε από τον Michael Plint και τον καθηγητή Duncan Dowson.

Η διάταξη αυτή είναι βασισμένη στον τόρνο myford. Παράχθηκαν περισσότερες από 200 από αυτήν τη απλή αλλά αποτελεσματική μηχανή την οποία παρείχαν στα πανεπιστήμια όλου του κόσμου και χρησιμοποιήθηκε από πολλούς σπουδαστές στην δεκαετία του 60, 70, 80 ενώ είχε ως σκοπό την εισαγωγή τους στην επιστήμη της τριβολογίας.



Εικόνα 4.1 Μηχανη Myford Plint

4.2 Μηχανικά μέρη που αξιοποιήθηκαν από τη MyFord Plint TE 97 friction

Για την κατασκευή της μηχανής συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή (Rotary Friction Welding) χρησιμοποιήθηκε η μηχανή Myford Plint (εικόνα 4.1).

Από την παραπάνω μηχανή (εικόνα 4.2) αξιοποιήθηκαν :

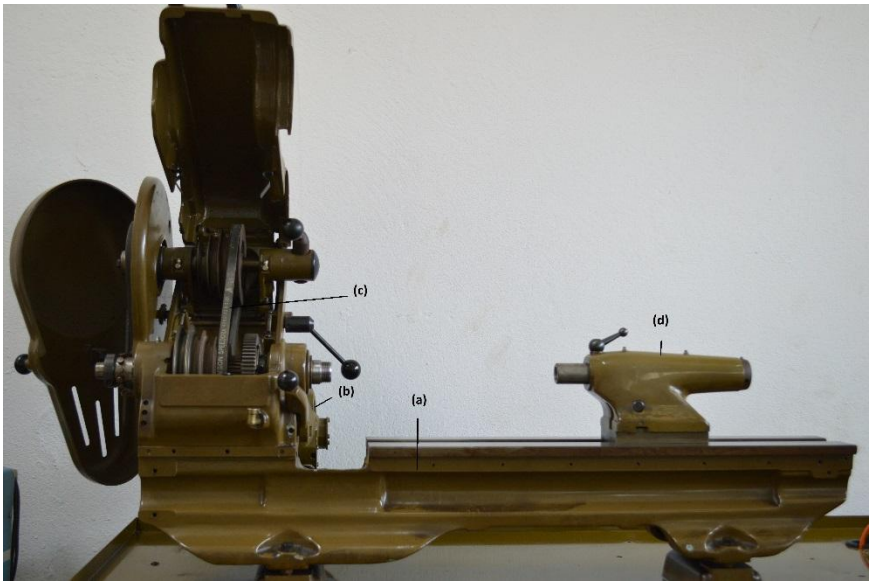
a) η άτρακτος

b) το μοτέρ

c) η μετάδοση κίνησης

d) η κουκουβάγια

e) συμπλέκτης



Εικόνα 4.2 Μηχανικά μέρη που αξιοποιήθηκαν

4.3 Μηχανικά μέρη νέας διάταξης

4.3.1Υδραυλικό συγκρότημα υψηλής πίεσης λαδιού

Για την κατασκευή του υδραυλικού συγκροτήματος υψηλής πίεσης λαδιού χρησιμοποιήθηκαν:

1. **Ελαιολεκάνη**

Η ελαιολεκάνη είναι ο αποθηκευτικός χώρος για το ρευστό που χρησιμοποιείται στο υδραυλικό σύστημα και περιλαμβάνει:

a) δεξαμενή με επικλινή βάση έτσι ώστε να ρέουν οι ρυπαντικές ουσίες στο χαμηλότερο σημείο

b) βύσμα αποστράγγισης

c) οπτικό γυαλί με ελάχιστη και μέγιστη σήμανση

d) διαφραγματική πλάκα για να μειώσει τις αναταράξεις μεταξύ της εισαγωγής και της επιστροφής στη δεξαμενή,

e) γραμμή αναρρόφησης

f) γραμμή επιστροφής από το σύστημα

g) τάπα πλήρωσης με φίλτρο και εξαερισμό.

Εικόνα4.3 Ελαιολεκάνη

Η δεξαμενή πρέπει να τοποθετείται πάνω σε στηρίγματα, έτσι ώστε να είναι υψωμένη πάνω από το δάπεδο, ώστε να επιτρέπεται η κυκλοφορία του αέρα (για την ενίσχυση της ψύξης). Το καπάκι θα πρέπει να αφαιρείται για τον περιοδικό καθαρισμό.

Η χωρητικότητα της δεξαμενής πρέπει να είναι επαρκής για την κάλυψη των μεταβολών στον όγκο του ρευστού μέσα στο σύστημα, και με επαρκή επιφάνεια για να παρέχει την ψύξη στο σύστημα. Μια μεγαλύτερη σε μέγεθος δεξαμενή ενδέχεται να παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα, όπως η αύξηση του κόστους και του μεγέθους. Η ελάχιστη χωρητικότητα της δεξαμενής πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια της παροχής της αντλίας ανά λεπτό. Αυτό πρέπει να θεωρηθεί ως ελάχιστα επιτρεπτό όριο και μπορεί να μην είναι επαρκής στις αλλαγές του όγκου στο σύστημα. Ιδανικά, η χωρητικότητα της δεξαμενής πρέπει να είναι τρεις με τέσσερις φορές η παροχή της αντλίας ανά λεπτό.

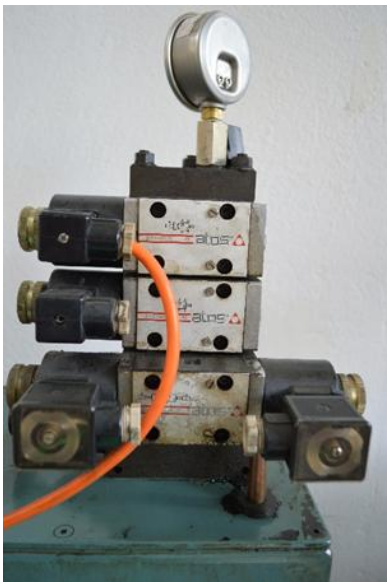
2. Πτερυγιοφόρες αντλίες

Εικόνα4.4 Πτερυγιοφόρος αντλία

Είναι ένας τύπος αντλίας όπου κατά την περιστροφή του στροφέα τα πτερύγια εφάπτονται στον εσωτερικό κύλινδρο του στάτορα. Έτσι κατά την κυκλική περιστροφή τα πτερύγια βγαίνουν βαθμιαία από τις αύλακες τους, δημιουργώντας ένα αυξανόμενο διάκενο, μεταξύ

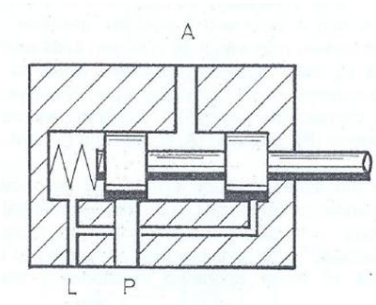
του στροφέα, του στάτορα και δύο διαδοχικών πτερυγίων. Τα πτερύγια αυτά μετά από περιστροφή 180 μοιρών αρχίζουν να μπαίνουν στις αύλακες του στροφέα, μειώνοντας βαθμιαία το χώρο μεταξύ στροφέα, στάτορα και διαδοχικών πτερυγίων. Το ρευστό συνεπώς με το οποίο έχει ήδη γεμίσει ο χώρος αυτός και είναι υπό μεγάλη πίεση καταθλίβεται με πίεση προς τον χώρο καταθλίψεως.

3. Ηλεκτροβαλβίδες



Εικόνα4.5 Ηλεκτροβαλβίδες

Η ηλεκτροβαλβίδα είναι ένας απλός τύπος βαλβίδας που ελέγχετε ηλεκτρονικά από έναν ηλεκτρομαγνήτη ο οποίος διαρρέετε από ηλεκτρικό ρεύμα . Ανάλογα με την φορά του ρεύματος πραγματοποιείτε και μια αντίστοιχη κίνηση τις βαλβίδας .



(Εικόνα4.6) Βασική βαλβίδα ελέγχου ροής

Η βασική βαλβίδα ελέγχου ροής που εφαρμόζεται στα υδραυλικά συστήματα είναι κλειστού τύπου. Στη θέση ηρεμίας το ελατήριο συγκρατεί το έμβολο στην ακραία θέση του, όπου υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των αγωγών P και A. Αν το χειριστήριο πιεσθεί προς αριστερά το έμβολο μετακινείται και επιτρέπει την επικοινωνία των αγωγών P και A. Οι θάλαμοι στο τέλος του εμβόλου συνδέονται εσωτερικά με μια θύρα διαρροής L, για να αποφευχθεί η αύξηση της πίεσης μέσα στη βαλβίδα.

4. Ασφαλιστικές βαλβίδες

Εικόνα4.7 Βαλβίδα ασφαλείας

Οι βαλβίδες αυτές έχουν ως σκοπό τη διατήρηση της πιέσης σε ένα τμήμα ενός υδραυλικού κυκλώματος, κάτω από μία ορισμένη τιμή. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται και ως βαλβίδες ασφαλείας. Μια ανακουφιστική βαλβίδα αποτελείται από μια σφαίρα που στερεώνεται στο σώμα της βαλβίδας από ένα ελατήριο. Όταν η πίεση εισαγωγής είναι μικρότερη από τη δύναμη που ασκεί το ελατήριο, η βαλβίδα παραμένει κλειστή. Όταν η προκαθορισμένη πίεση επιτυγχάνεται, η σφαίρα αναγκάζεται να μετακινηθεί από την έδρα της και επιτρέπει τη ροή προς τη δεξαμενή για το χρονικό διάστημα που διατηρείται η αυξημένη πίεση .Ένας ρυθμιστικός κοχλίας είναι τοποθετημένος για να ρυθμίζει τη δύναμη του ελατηρίου. Κατά συνέπεια, η βαλβίδα μπορεί να ανοίξει σε οποιαδήποτε πίεση ανάλογα με τη ρύθμιση.

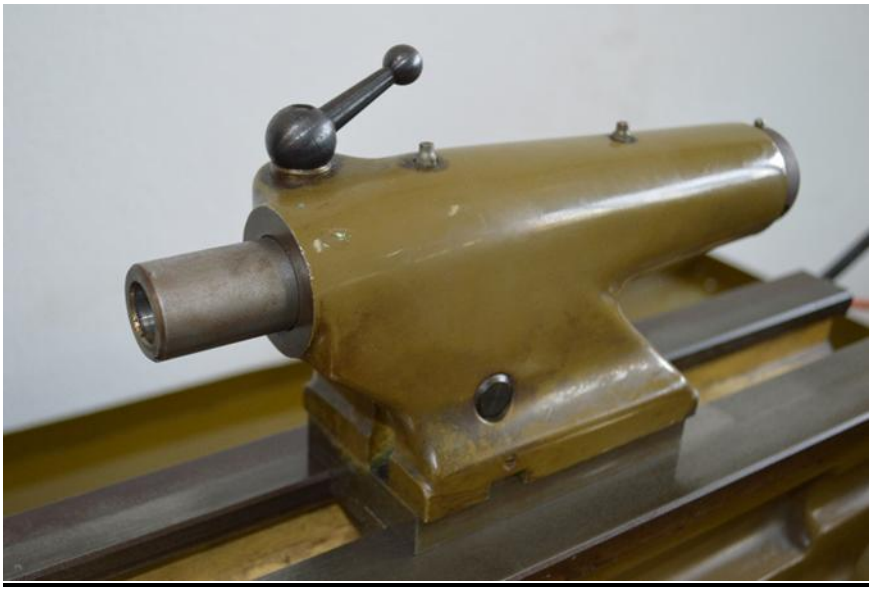
5. Μανόμετρο

Εικόνα4.8 Μανόμετρο

Το μανόμετρο είναι μια συσκευή η οποία μέτραει την πίεση, που ασκείται σε ένα ρευστό.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος που χρησιμοποιείτε στη βιομηχανία και στην καθημερινή ζωή είναι το μεταλλικό μανόμετρο του Μπουρντόν. Το μεταλλικό μανόμετρο αποτελείται από έναν ελαστικό μεταλλικό σωλήνα σε σχήμα γάντζου. Το ελεύθερο άκρο επικοινωνεί με ένα δοχείο που περιέχει υγρό ή αέριο, ενώ το άλλο συνδέεται με έναν μοχλό ο οποίος κινεί έναν δείκτη. Η πίεση στο ρευστό τείνει να ανυψώνει το σωλήνα, ενώ το κλειστό άκρο μετακινείται κινώντας έναν δείκτη.

4.3.2 Μετατροπή κεντροφορέα από χειροκίνητο σε αυτόματο



Εικόνα4.9 Απλος χειροκίνητος Κεντροφορέας

Για την μετατροπή του κεντροφορέα από απλό χειροκίνητο σε αυτόματο υδραυλικό χρησιμοποιήθηκαν:

1) Υδραυλικό έμβολο

Το υδραυλικό έμβολο απλής ενέργειας λειτουργεί με ένα ελατήριο το οποίο ασκεί αντίθετη δύναμη από αυτήν που ασκεί το λαδί που εισέρχεται σε αυτό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα όταν το λάδι ασκεί μεγαλύτερη πίεση από αυτήν του ελατήριου το έμβολο κινείτε προς μια κατεύθυνση, ενώ όταν μηδενίζετε το έμβολο επιστρέφει στην αρχική του θέση με τη δύναμη του ελατήριου. Το υδραυλικό έμβολο αποτελείτε από :

a) Κύλινδρο: είναι το εξωτερικό περίβλημα εντός του οποίου κινείται το έμβολο

b) Έμβολο: είναι μία κυλινδρική διατομή, η οποία εφάπτεται εσωτερικά με τα τοιχώματα του κυλίνδρου. Η επαφή είναι πλήρως στεγανή (με χρήση τσιμούχας) και διαχωρίζει τον κύλινδρο σε δύο διαμερίσματα.

c) Βάκτρο: είναι το στοιχείο το οποίο συνδέεται με το έμβολο και μας επιτρέπει να αξιοποιούμε την κίνηση του εμβόλου. Το βάκτρο, προκειμένου να κινείται ευθύγραμμα, οδηγείται από τον οδηγό, ο οποίος φέρει στεγανωτικά προκειμένου να μην έχουμε απώλειες ρευστού σε αυτήν τη θέση.

Εικόνα4.10 Προσαρμογή υδραυλικού έμβολου στην κουκουβάγια

2) Ελαστικός σωλίνας πιέσεων

Ο ελαστικός σωλίνας πιέσεων είναι ένας σωλήνας που χρησιμοποιείτε σε διαφόρων ειδών υδραυλικά συστήματα ο οποίος μπορεί να διαρρέεται από υγρά υψηλών πιέσεων.

Εικόνα4.11 Ελαστικός σωλίνας πιέσεων

3) Κώνος τόρνου (Collet)

Είναι ένα είδος τσοκ το οποίο αποτελείτε από τρία μέρη:

a) Μια βάση εξωτερικά κυλινδρική και εσωτερικά κωνική .

b) Έναν δακτύλιο με εσωτερική κυλινδρική επιφάνεια με σκοπό να μπορεί να συσφίξει κυλινδρικά αντικείμενα και εξωτερικά κωνική .

c) Ένα παξιμάδι το οποίο σφίγγει τον δακτύλιο πάνω στην βάση

Εικόνα4.12 Κώνος τόρνου (Collet)

Εικόνα4.13 Αυτόματη υδραυλική κουκουβάγια

4.3.3 Άξονας τόρνου

Για την μετατροπή του άξονα του τόρνου χρησιμοποιήθηκαν:

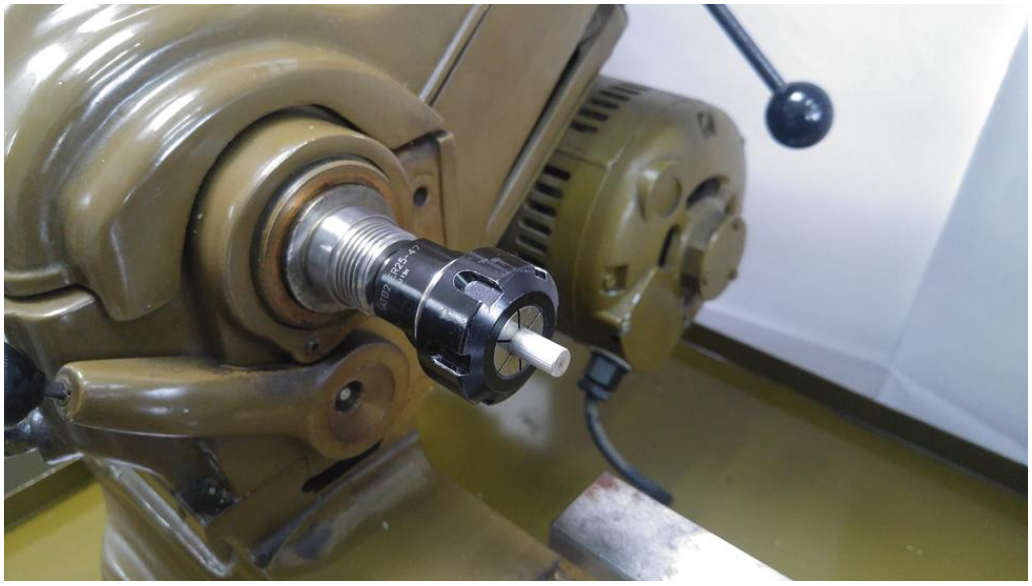
1) **Κώνος τόρνου (Collet)**

Είναι ένα είδος τσοκ το οποίο αποτελείτε από τρία μέρη:

a) Μια βάση εξωτερικά κυλινδρική και εσωτερικά κωνική .

b) Έναν δακτύλιο με εσωτερική κυλινδρική επιφάνια με σκοπό να μπορεί να συσφίξει κυλινδρικά αντικείμενα και εξωτερικά κωνική .

c) Ένα παξιμάδι το οποίο σφίγγει τον δακτύλιο πάνω στην βάση



Εικόνα4.14 Άξονας τόρνου

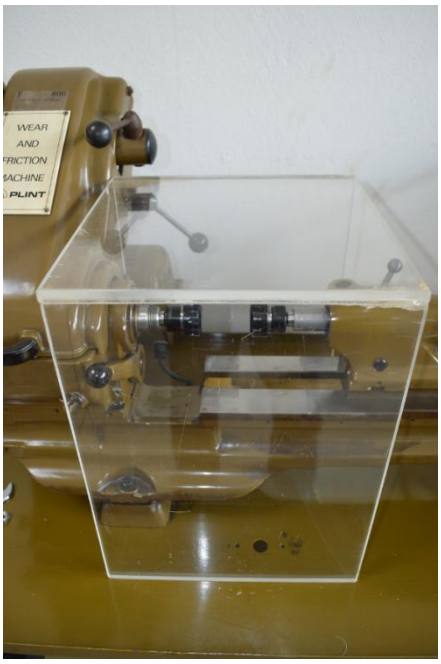
4.3.4 Ηλεκτρολογική εγκατάσταση

Για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση χρησιμοποιήθηκαν:

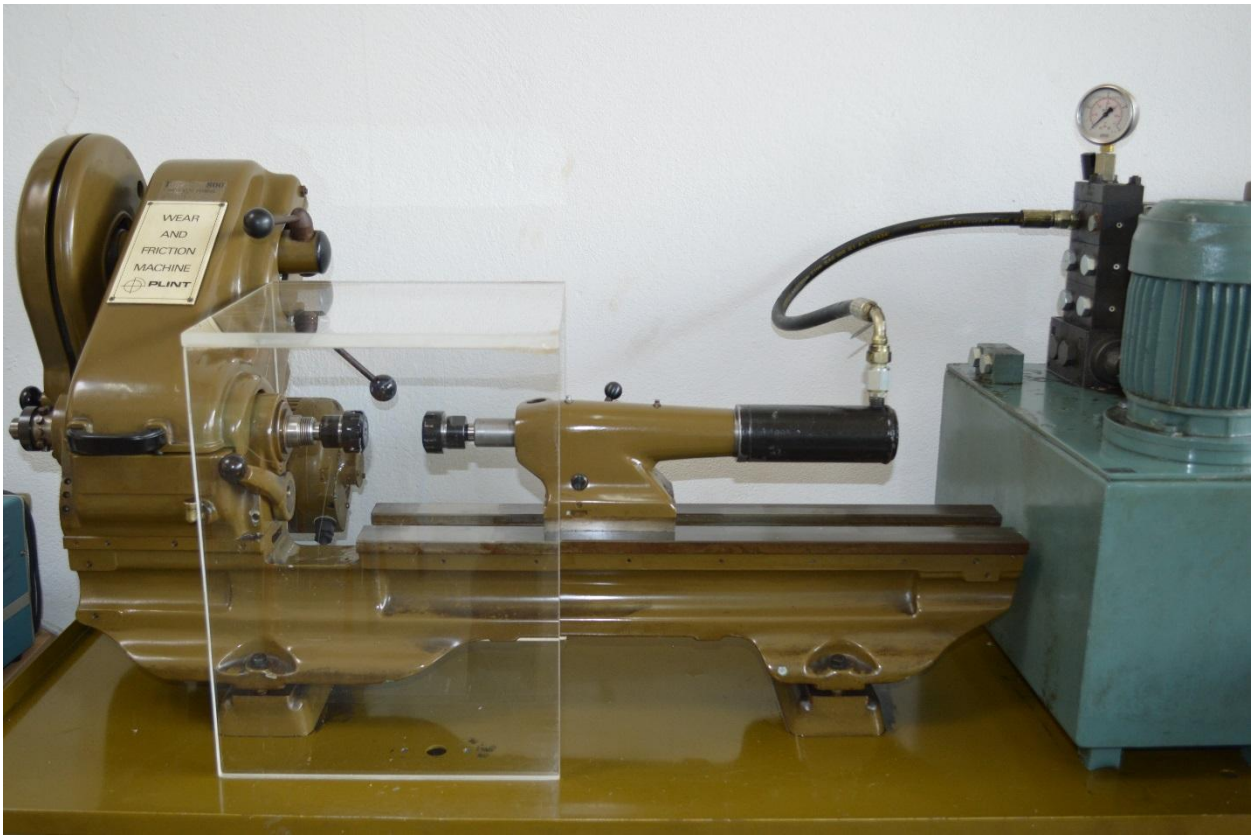
- Καλώδιο 5x2,5
- Καλώδιο 3x1,5
- Εξωτερικό κουτί διακλάδωσης
- Μετασχηματιστής
- Εξωτερικός διακόπτης
- Τριφασική φύσα
- Φύσα σουκ

4.3.5 Προστατευτικό Plexiglass

Το Plexiglass, είναι ένα διαφανές θερμοπλαστικό υλικό, που συχνά χρησιμοποιείται αντί του γυαλιού λόγω του ότι είναι ελαφρύτερο και ανθεκτικότερο από αυτό.



Εικόνα4.15 Προστατευτικό Plexiglass



Εικόνα4.16 Διάταξη συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΔΟΚΙΜΕΣ

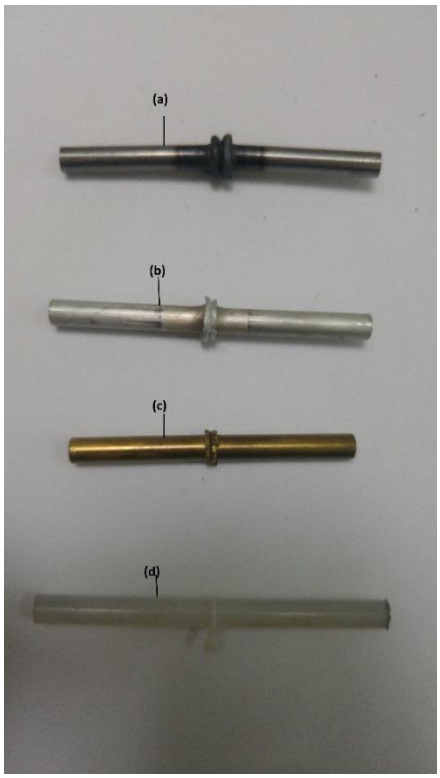
Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές στα παρακάτω υλικά:

a) Χάλυβας

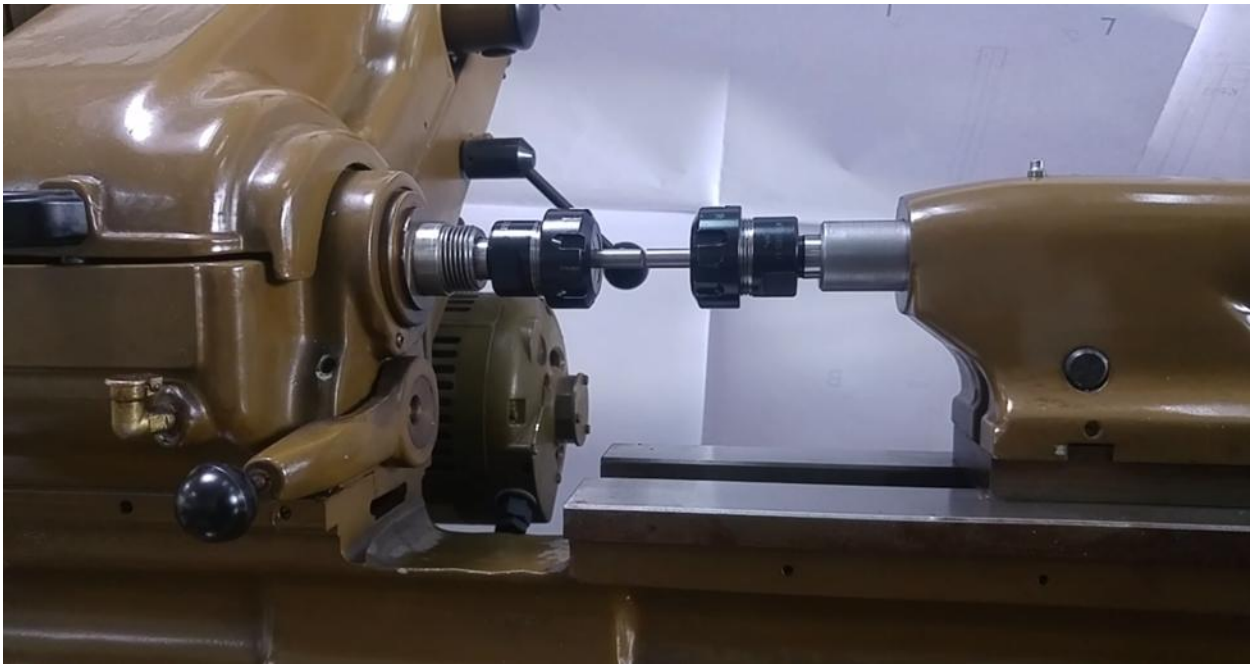
b) Αλουμίνιο

c) Μπρούτζος

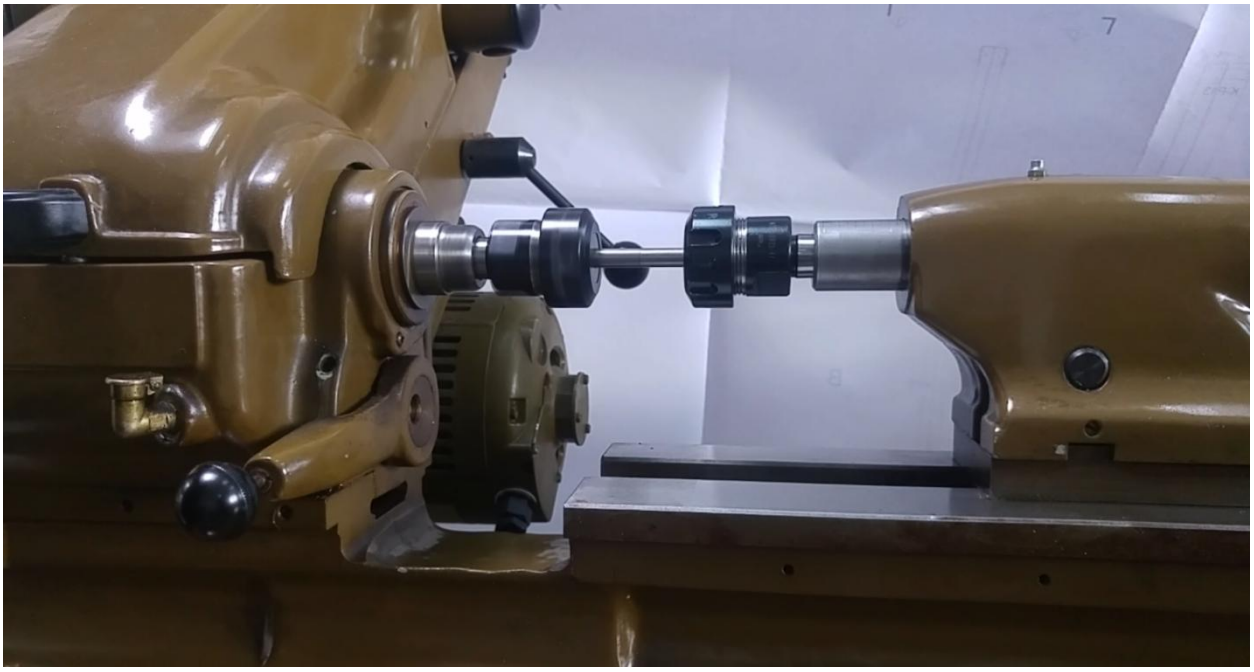
d) Πολυμερές



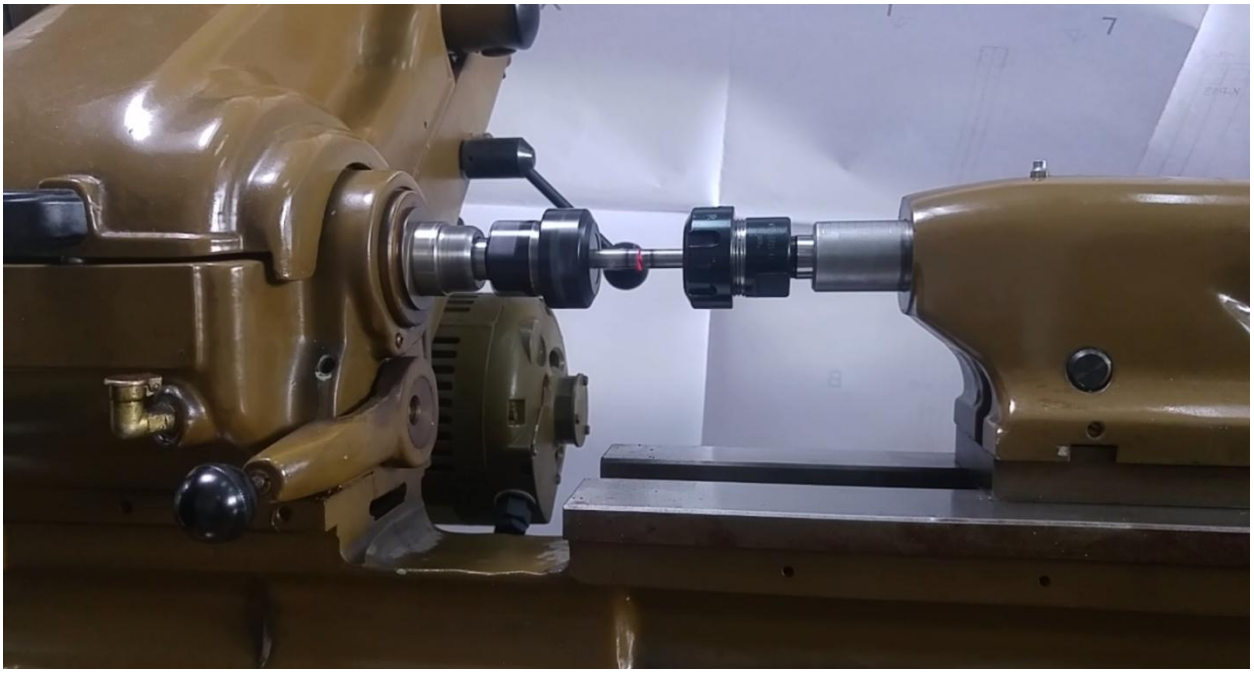
Εικόνα 5.1 Συγκολλήσεις δοκιμίων



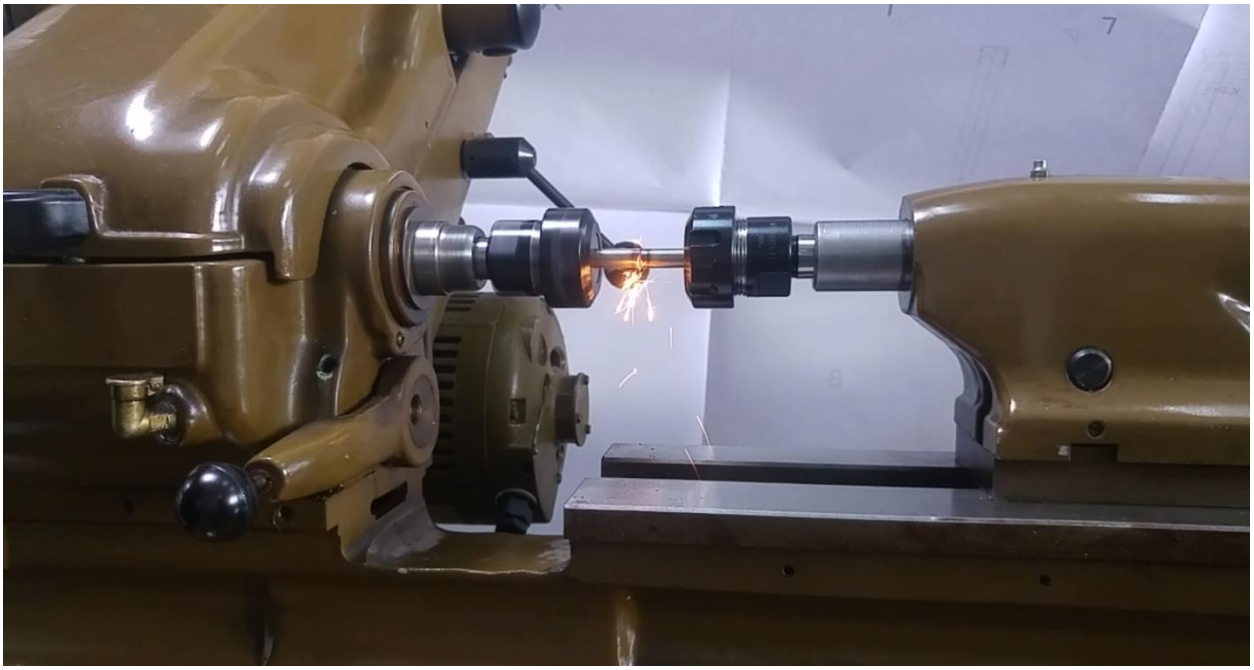
Εικόνα 5.2 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) αρχική φάση



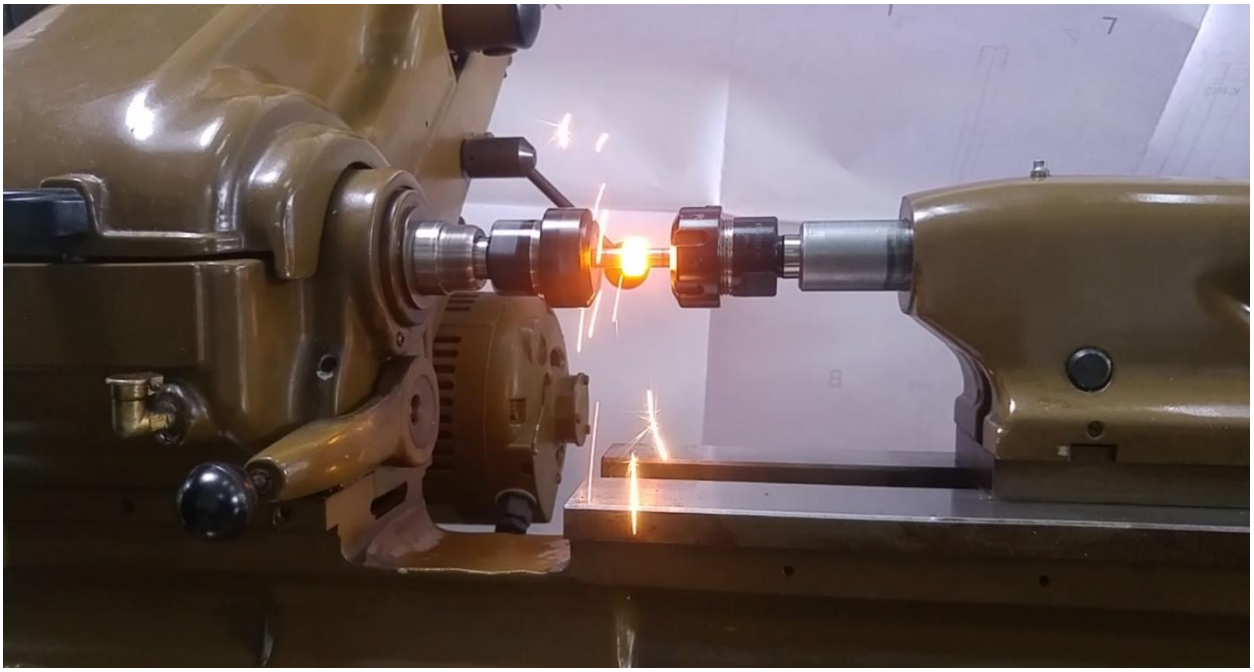
Εικόνα 5.3 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) επαφή δοκιμίων



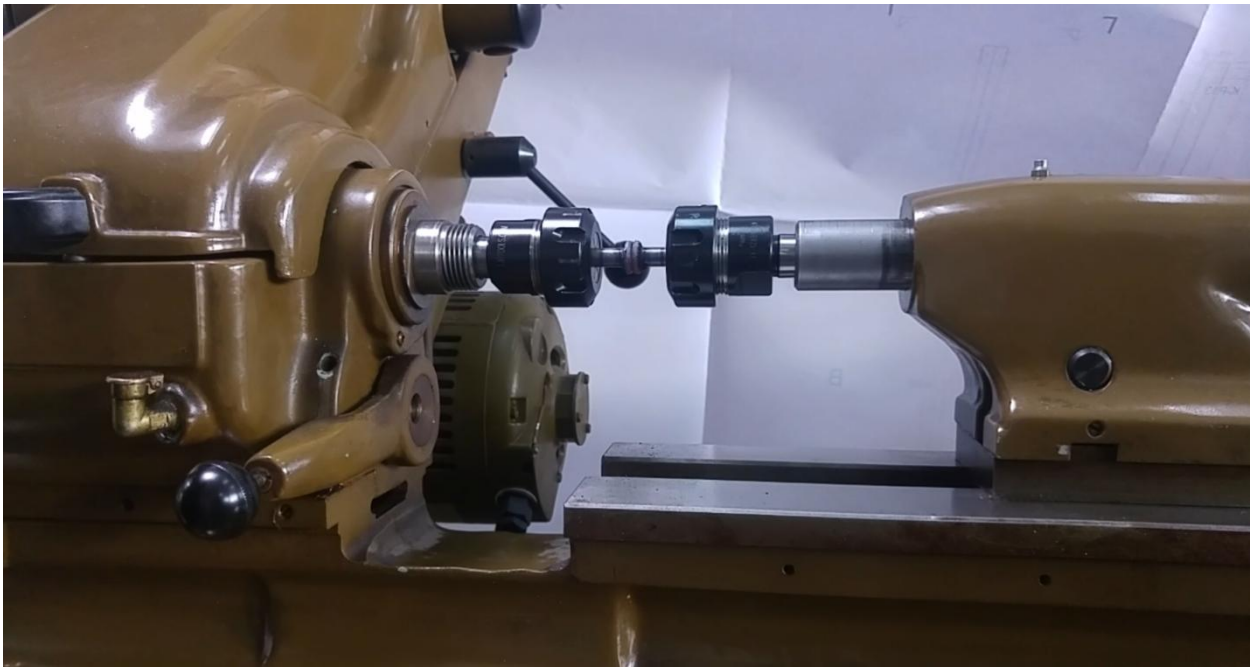
Εικόνα 5.4 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) επαφή δοκιμίων



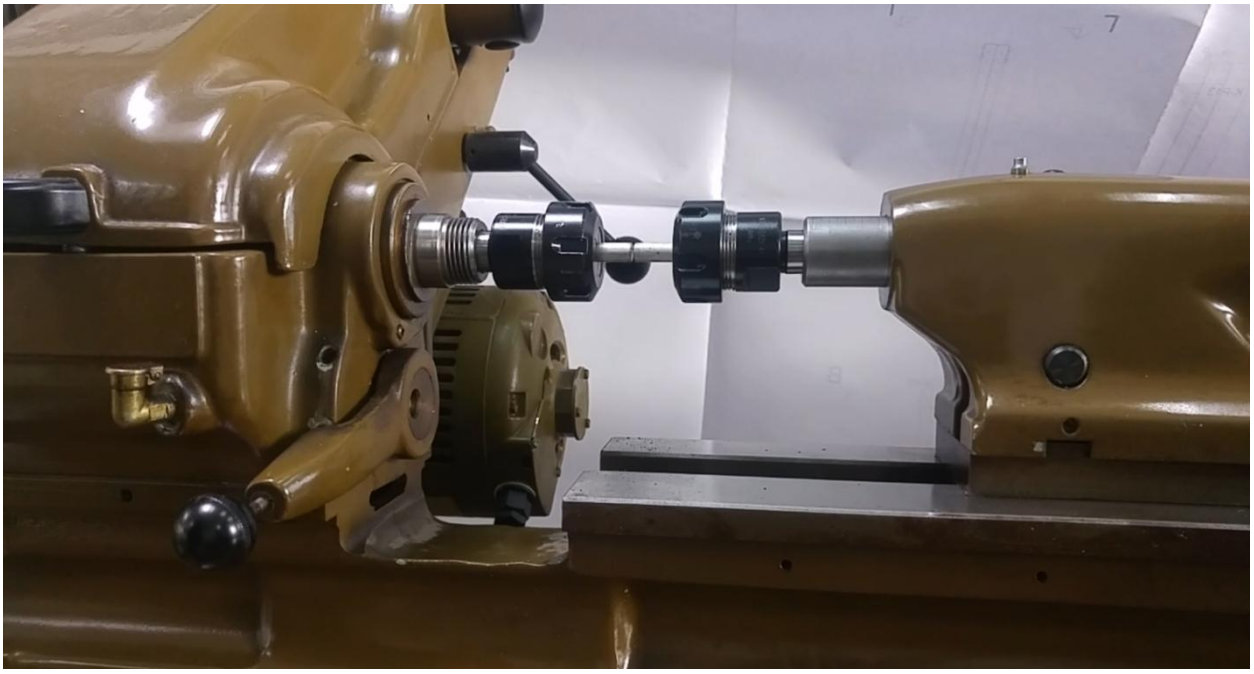
Εικόνα 5.5 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) επαφή δοκιμίων



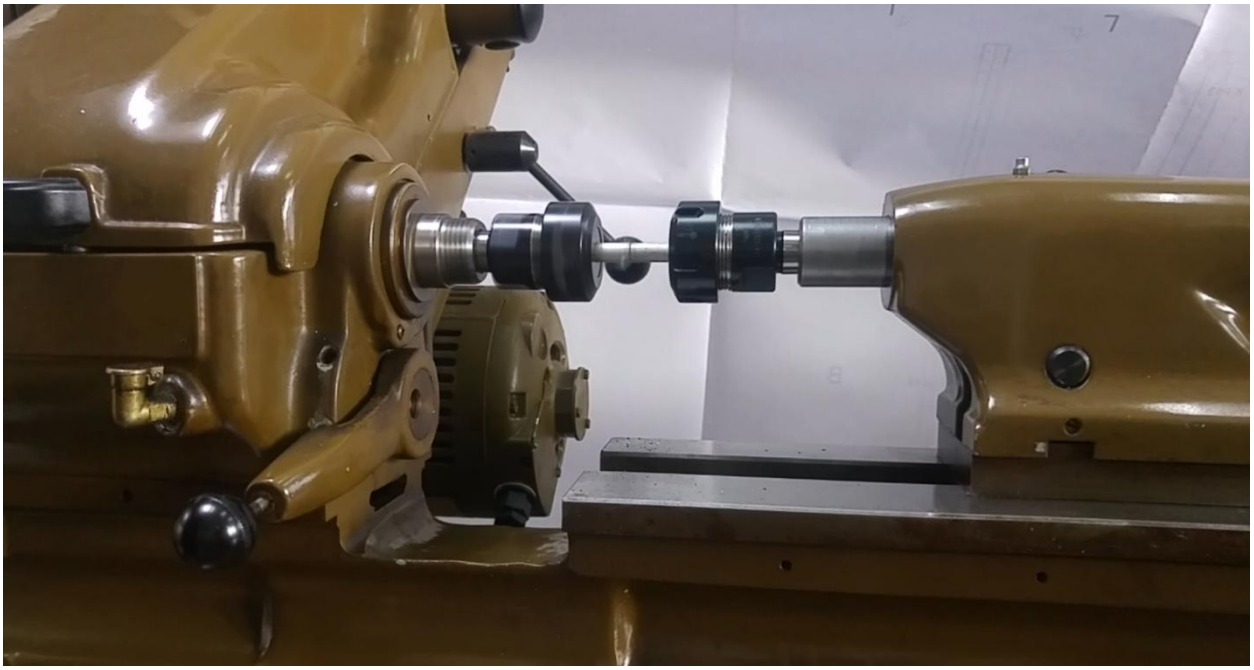
Εικόνα 5.6 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) επαφή δοκιμίων



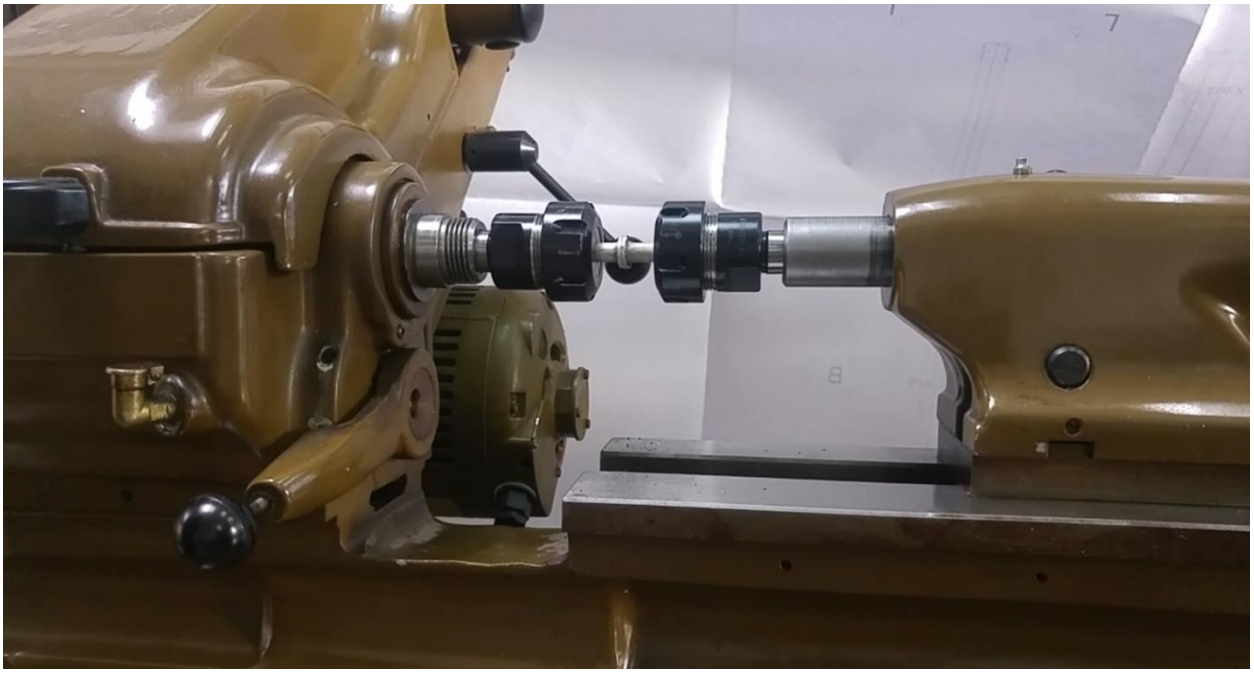
Εικόνα 5.7 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (χάλυβας) συγκόλληση



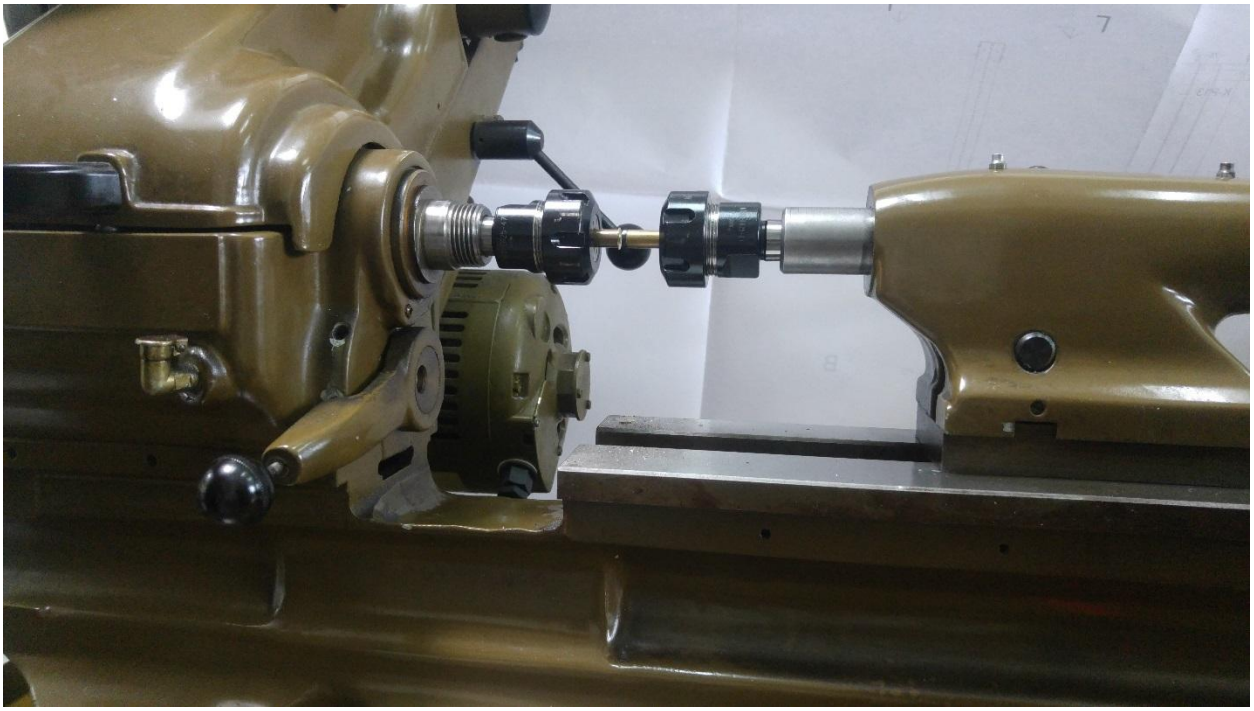
Εικόνα 5.8 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (αλουμίνιο) αρχική φάση



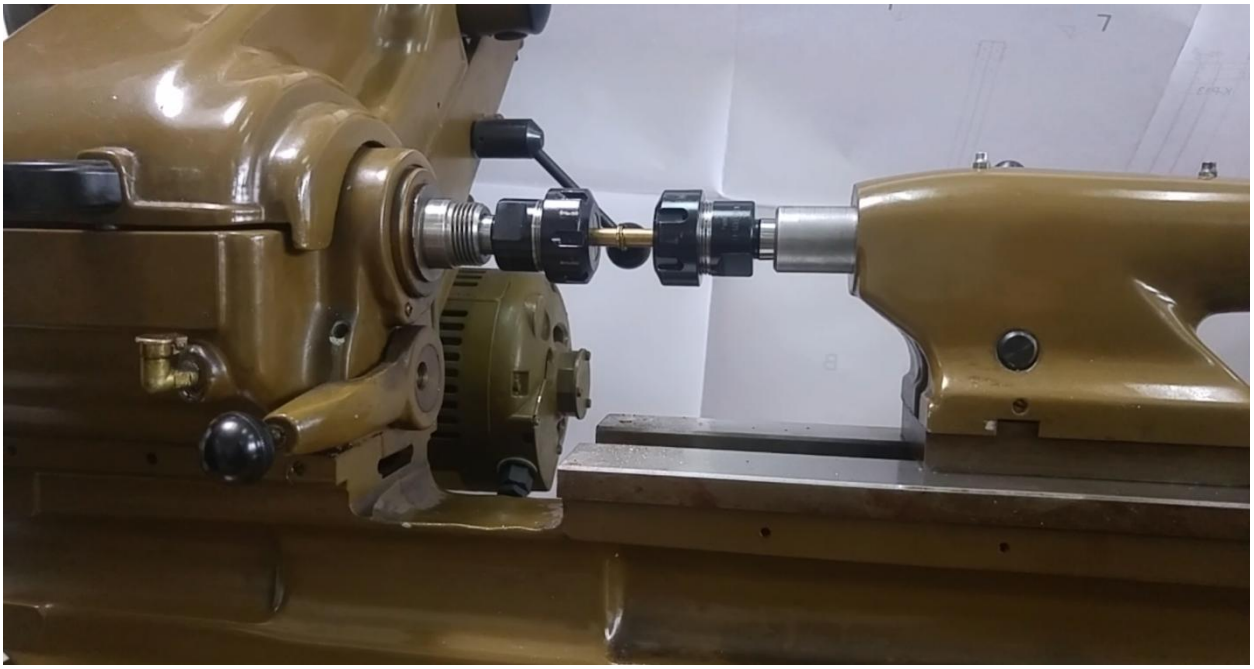
Εικόνα 5.9 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (αλουμίνιο) επαφή δοκιμίων



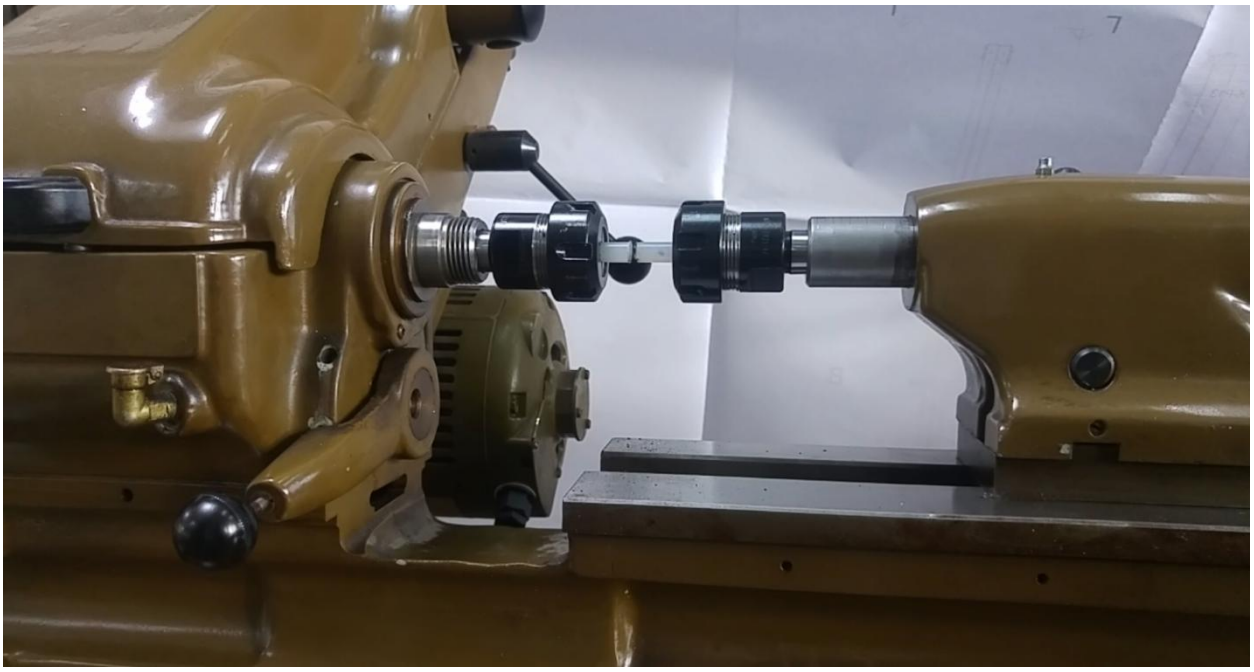
Εικόνα 5.10 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (αλουμίνιο) συγκόλληση



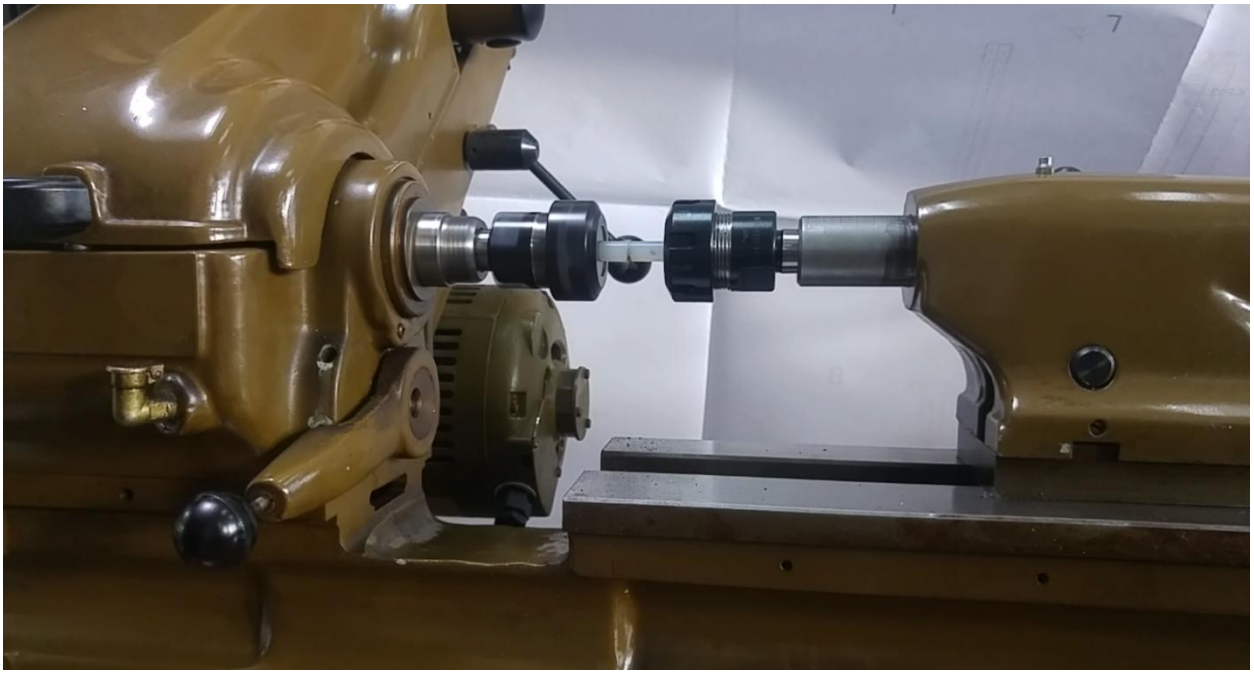
Εικόνα 5.11 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (μπρούτζος) αρχική φάση



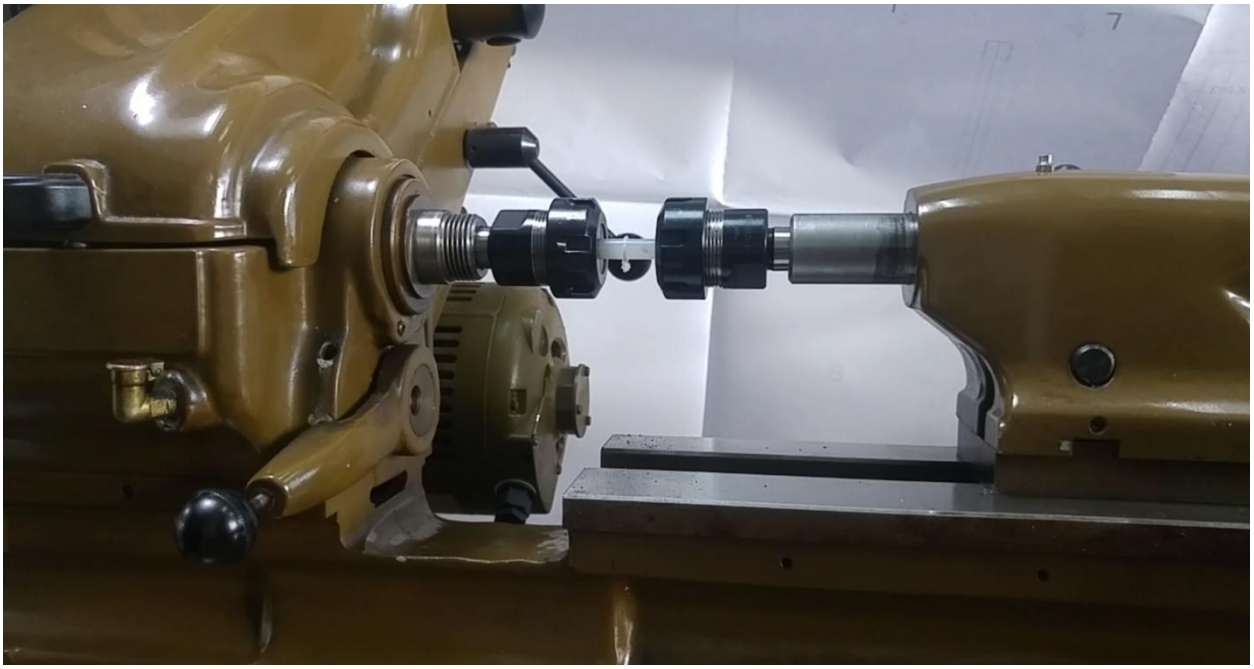
Εικόνα 5.12 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (μπρούτζος) συγκόλληση



Εικόνα 5.13 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (πολυμερές) αρχική φάση



Εικόνα 5.14 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (πολυμερές) επαφή δοκιμίων



Εικόνα 5.15 Συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή (πολυμερές) συγκόλληση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

6.1 Συμπεράσματα

Ο στόχος τις παρούσας πτυχιακής, ήταν η κατασκευή πειραματικής διάταξης για τη συγκόλληση δια τριβής με περιστροφή . Μετά από αρκετή μελέτη, αναζήτηση στο διαδίκτυο, συζητήσεις με τον υπεύθυνο καθηγητή και άλλους γνώστες του αντικείμενου καταλήξαμε στην παρούσα διάταξη (Εικόνα4.11) . Μετά τον σχεδιασμό τις μηχανής ακολουθήσε η κατασκευή της . Στη συνέχεια τέθηκε σε λειτουργία και ακολουθήσαν οι επιτύχεις συγκολλήσεις του αλουμινίου του χάλυβα του μπρούτζου και του πλαστικού.

Κατά την κατασκευή της μηχανής αντιμετωπιστήκαν τα εξής προβλήματα :

Αρχικά για την συγκράτηση του δοκιμίου χρησιμοποιήθηκε τσοκ τόρνου το οποίο δημιουργούσε κραδασμούς σε όλη την διάταξη εξαιτίας τις μεγάλης περιστρεφόμενης μάζας. Έτσι κρίθηκε ακατάλληλο και αντικαταστάθηκε με collet.

Στη συνέχεια το χειροκίνητο υδραυλικό σύστημα αδυνατούσε να συμπιέσει τα δύο δοκίμια έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η συγκόλληση τους, κρίθηκε αναποτελεσματικό και αντικαταστάθηκε από υδραυλικό σύστημα υψηλής πίεσης λαδιού.

Τέλος μετά από την επίλυση τον παραπάνω προβλημάτων επιτευχθήκαν οι πρώτες επιτυχείς συγκολλήσεις.

6.2 Προτάσεις μελλοντικής έρευνας

Για την βελτιστοποίηση της διάταξης συγκόλλησης δια τριβής με περιστροφή, προτείνεται η εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμού, προκειμένου να επιτευχθεί ο έλεγχος της περιστροφής και της πίεσης των δοκιμίων. Με τον τρόπο αυτό, η διαδικασία θα πραγματοποιείται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Επίσης, θα πραγματοποιείται η καταγραφή των μετρήσεων αυτόματα, με ηλεκτρονικό τρόπο, με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη εγκυρότητά τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Jean Cornu,pp. 15-28, January 1988. Fundamentals of Fusion Welding Technology

[2]http://www.netwelding.com/History%20of%20Welding.htm

[3] https://en.wikipedia.org/wiki/Friction_welding

[4]http://www.theweldingmaster.com/explosive-welding/

[5]http://www.theweldingmaster.com/electroslag-welding/

[6]http://www.theweldingmaster.com/types-welding-process/

[7]P. L. Threadgill, A. J. Leonard, H. R. Shercliff and P. J. Withers, pp. 49-93, 18 Jul 2013. Friction stir welding of aluminium alloys, International Materials Reviews

[8]https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/rotary-friction-welding-148

[9]https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/linear-friction-welding-146

[10]https://www.twi-global.com/what-we-do/research-and-technology/technologies/welding-joining-and-cutting/friction-welding/rotary-friction-welding

[11]https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-radial-friction-welding

[12]https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-orbital-friction-welding

[13]U. Raab, S. Levin, L. Wagner, C. Heinze, pp. 189–192, January 2015 . Orbital friction welding as an alternative process for blisk manufacturing, Journal of Materials Processing Technology

[14]https://www.holroyd.com/blog/friction-stir-welding-applications/

[15]https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-friction-stir-welding

[16]M.M. Shtrikman ’Linear Friction Welding’ National Institute of Aviation Technologies

[17] J. Aerosp.Technol. Manag., São José dos Campos, Vol.2, No.3, pp. 301-306, Sep-Dec., 2010