



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΕΙΣ. ΚΑΤ.: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
Τ.Ε.**

Πτυχιακή Εργασία με τίτλο:

**Μελέτη παραγωγικής διαδικασίας  
επιχείρησης επεξεργασίας μετάλλου**

**Των: Κωνσταντίνου Καραλάκου ΜΗ09153  
Γεώργιου Χρυσίδη ΜΗ09320**

Επιβλέπουσα Διδάσκουσα: Σοφία Παπανικολάου  
Κοζάνη 2023

## Πρόλογος

Το θέμα της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας επιλέχθηκε ύστερα από την περάτωση της εξάμηνης πρακτικής μας άσκησης, στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ, σε βιομηχανία επεξεργασίας μετάλλου.

Μας δόθηκε η ευκαιρία να συνδέσουμε τις θεωρητικές και εργαστηριακές γνώσεις που αποκτήσαμε στα προηγούμενα εξάμηνα σπουδών μας με την πράξη, να ενσωματωθούμε στο εργασιακό περιβάλλον μιας επιχείρησης, η οποία δραστηριοποιείται στο γνωστικό αντικείμενο της εξειδίκευσής μας, συμμετέχοντας ενεργά στην παραγωγική διαδικασία.

Ήταν η πρώτη μας επαφή με τον συγκεκριμένο επαγγελματικό χώρο, όπου αποκτήσαμε πολύτιμες εμπειρίες, γνώσεις, ικανότητες και δεξιότητες που θα μας συνοδεύουν για τον υπόλοιπο εργασιακό μας βίο.

## Περίληψη

Σ' αυτήν την πτυχιακή εργασία γίνεται μελέτη της παραγωγικής διαδικασίας μιας επιχείρησης επεξεργασίας μετάλλου. Αναφέρονται οι λόγοι επιλογής των υλικών που επιλέγονται για κατεργασία και περιγράφονται τα υλικά αυτά, οι ιδιότητές τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Ακολουθεί η περιγραφή της γραμμής παραγωγής της επιχείρησης. Γίνεται αναφορά στις μηχανές CNC, στα σχεδιαστικά προγράμματα και τα Λογιστικά σχεδίασης, περιγράφεται η κοπή με Laser, το στραντζάρισμα και οι μέθοδοι συγκόλλησης. Ακολουθεί ο έλεγχος των συγκολλήσεων, οι τρόποι προστασίας των εργαζομένων από τις συγκολλήσεις, η τοποθέτηση των εξαρτημάτων, ο έλεγχος του τελικού προϊόντος και η συσκευασία αυτού. Στα τελευταία κεφάλαια γίνεται λόγος για την ανακύκλωση των υλικών που χρησιμοποιούνται, την ποιότητα και τη διασφάλιση προϊόντος καθώς και προτάσεις για τη βελτίωση των προϊόντων.

## **Abstract**

In this diploma thesis, we study the production process of a metal processing company. Specifically, we explore the reasons for the selection of the materials chosen for processing, as well these materials, their properties, their advantages and disadvantages.

Additionally, we describe in detail the company's production line. Respectively, we study CNC machines, design programs and Design Accounting, Laser cutting, crimping and welding methods. Then we examine the inspection of the welds, the ways to protect the workers from the welds, the placement of the components, the inspection of the final product and its packaging. The last chapters discuss the recycling of the materials used, product quality and assurance, along with suggestions for product improvement.

## **Περιεχόμενα**

Εισαγωγή

Κεφάλαιο 1 – Εταιρικό Προφίλ

Κεφάλαιο 2 – Κύρια υλικά κατασκευών

2.1 Επιλογή υλικών

2.2 Ανοξειδωτος χάλυβας

2.3 Παραγωγή

2.4 Είδη ανοξειδωτων χαλύβων

2.4.1 Φερριτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες

2.4.2 Martensitic από ανοξειδωτο χάλυβα

2.4.3 Duplex ανοξειδωτος χάλυβας

2.4.4 Ωστενιτικός ανοξειδωτος χάλυβας

Κεφάλαιο 3 – Γραμμή παραγωγής

3.1 Λογισμικό παραγωγής

3.2 CNC Μηχανές

3.3 Σχεδιαστικά Προγράμματα-Λογισμικά σχεδίασης

3.3.1 Σχεδιαστικό πρόγραμμα Inventor

3.3.2 Συνδυασμός σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD και Inventor

3.4 Κοπή με λείζερ

3.5 Στραντζάρισμα με στράντζα CNC

3.6 Συγκόλληση

3.6.1 Γενικά

3.6.2 Συγκολλήσεις Χάλυβα

3.6.3 Σημειακή συγκόλληση αντίστασης (Ηλεκτροπόντα)

3.6.4 Μέθοδος TIG (GTAW)

3.6.5 Μέθοδος MAG/GMAW

3.6.6 Έλεγχος συγκολλήσεων

3.6.7 Προστασία από τις συγκολλήσεις

3.6.7.1 Ακτινοβολία τόξου

3.6.7.2 Αναθυμιάσεις

3.7 Τοποθέτηση εξαρτημάτων

3.8 Έλεγχος τελικού προϊόντος

3.9 Πακετάρισμα-Συσκευασία

Κεφάλαιο 4-Ανακύκλωση

Κεφάλαιο 5-Ποιότητα προϊόντος-Προτάσεις για βελτίωση του προϊόντος

5.1 Ποιότητα και Διασφάλιση προϊόντος

5.2 Προτάσεις για βελτίωση του προϊόντος

Κεφάλαιο 6 – Εικόνες μηχανών γραμμής παραγωγής και εξαρτήματα

**BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## Εισαγωγή

Από τότε που πρωτοεμφανίστηκε ο άνθρωπος, πάνω στη γη, άρχισε να χρησιμοποιεί διάφορα υλικά που έβρισκε στη φύση προκειμένου να φτιάξει εργαλεία και όπλα που θα του εξασφάλιζαν την επιβίωσή του. Αρχικά κατασκεύασε εργαλεία και όπλα που ως πρώτη ύλη ήταν το ξύλο ή η πέτρα ή ακόμη και τα κόκαλα. Εξαιτίας της σπουδαιότητας της πέτρας στη ζωή του ανθρώπου την περίοδο αυτή, η συγκεκριμένη εποχή ονομάστηκε λίθινη (4).

Το 6000 π.Χ. περίπου ανακάλυψε τα μέταλλα. Εποχή του Μετάλλου ονομάζεται η χρονική περίοδος που άρχισε περίπου το 6.000 π.Χ. και διήρκησε μέχρι το 1.000 π.Χ., είναι δηλ. η ιστορική περίοδος που οι άνθρωποι άρχισαν να χρησιμοποιούν το μέταλλο.

Η Εποχή του Μετάλλου αποτελείται από δύο μεγάλες περιόδους:

- την ιστορική Εποχή του Χαλκού (από το 3000 έως το 1100 π.Χ.) και
- την ιστορική Εποχή του Σιδήρου (από το 1100 έως το 550 π.Χ.).

Εποχή του Ορείχαλκου ή, όπως αλλιώς ονομάζεται, Εποχή του Χαλκού είναι η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας αναπτύσσεται ένας πολιτισμός με την ταυτόχρονη άνθιση μεταλλουργικών τεχνικών εξόρυξης του χαλκού από φυσικά κοιτάσματα και ανάμειξής του με άλλα μέταλλα για τη δημιουργία ορείχαλκου. Όταν πλησίαζε το τέλος της Νεολιθικής εποχής άρχισαν να κατασκευάζονται χάλκινα εργαλεία.. Το σημείο αυτό είναι η αφετηρία για την συνεχώς αυξανόμενη χρήση του χαλκού για την κατασκευή εργαλείων, όπλων και άλλων αντικειμένων και περιορίζοντας τη χρήση της πέτρας.



Εικόνα 1: Χάλκινα οδοντωτά δρεπάνια

Εποχή του Σιδήρου ονομάζεται η ιστορική περίοδο κατά τη διάρκεια της οποίας άρχισε να γίνεται ευρεία χρήση του σιδήρου τόσο για την κατασκευή εργαλείων όσο και για την κατασκευή όπλων. Εξαιτίας της ανάπτυξης των σιδερένιων εργαλείων και αντικειμένων, η ανθρωπότητα οδηγήθηκε σε μια τεράστια τεχνολογική ανάπτυξη και ταυτόχρονα επιτελέστηκαν ιδιαίτερης σημασίας αλλαγές σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο.

Ωστόσο, η Εποχή του Σιδήρου δεν άρχισε και ούτε τελείωσε ταυτόχρονα για όλους τους πολιτισμούς.

Ο σίδηρος ως μέταλλο ήταν γνωστός πολύ πριν αυτός κυριαρχήσει κατά την εποχή του Σιδήρου. Όμως οι διάφορες κατεργασίες για την κατασκευή των κραμάτων του άρχισαν να πραγματοποιούνται μόνο κατά τη διάρκεια της Εποχής του Σιδήρου. Και βέβαια, ο σίδηρος υπήρχε σε πλεόνασμα στη φύση σε αντίθεση από τον μπρούντζο.

Ταυτόχρονα θα εξελιχθούν και οι τεχνικές εξόρυξης σιδήρου. Όταν τυχαία το σιδηρομετάλλευμα ρίχτηκε στη φωτιά, θα γινόταν μια μεγάλη ανακάλυψη προκαλώντας με αυτόν τον τρόπο τον επεξεργασμένο σίδηρο.

Τότε άρχισε η παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων σιδερένιων όπλων, εργαλείων και αντικειμένων.

Αναμφισβήτητα η ευρεία χρήση του σιδήρου έφερε τεράστιες αλλαγές σε οικονομικό, κοινωνικό, στρατιωτικό και πολιτιστικό επίπεδο. Η πρόοδος που συντελέστηκε σε τομείς όπως η γεωργία, η ανάπτυξη των όπλων και των εργαλείων, το κυνήγι ήταν αποτέλεσμα της ανάπτυξης της μεταλλουργίας αλλά και της χρήσης διαφορετικών μετάλλων. Καθώς ο άνθρωπος με τη χρήση των μετάλλων αισθάνεται πιο δυνατός, αρχίζουν και οι πρώτες πολεμικές συγκρούσεις.



Εικόνα 2: Ξίφος από σίδηρο (1050 π.Χ.). Στην κάτω φωτογραφία δίνεται η αναπαράστασή του.



Τα κυριότερα χαρακτηριστικά αυτής της εποχής είναι τα ακόλουθα:

- Χρήση νέων μετάλλων και κυριαρχία της μεταλλουργίας.
- Κατασκευή νέων γεωργικών εργαλείων και όπλων.
- Ενίσχυση της γεωργίας, της κτηνοτροφίας, της ναυσιπλοΐας και του εμπορίου.
- Παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων όπλων.
- Μεγάλη αύξηση του πληθυσμού.
- Πολλαπλασιασμός των οχυρωμένων πόλεων.
- Ανάπτυξη της στρατιωτικής δύναμης των πολιτισμών που κατείχαν τον σίδηρο.
- Μεγάλη αύξηση των πολεμικών συρράξεων.

Η χρήση του σιδήρου συνέβαλε στην άνοδο της ναυσιπλοΐας λόγω της κατασκευής πλοίων δίνοντας τεράστια ώθηση στην οικονομία με την ανάπτυξη των θαλάσσιων δρομολόγιων. Την οικονομία ταυτόχρονα ενίσχυσαν η ανάπτυξη της γεωργίας, της κτηνοτροφίας, του κυνηγιού, της μεταλλουργίας, της βιοτεχνίας και του εμπορίου.

Σταδιακά ο άνθρωπος άρχισε να ανακαλύπτει και να χρησιμοποιεί τις ιδιότητες και άλλων μετάλλων. Προοδευτικά μαζί με την ανάπτυξη της μεταλλουργίας του σιδήρου αναπτύχθηκε και η μεταλλουργία και άλλων μετάλλων, όπως του αργύρου, του μολύβδου και του πολύτιμου χρυσού.

Κατά τη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα σημειώθηκε τεράστια πρόοδος της μεταλλουργίας. Τη χρονική αυτή περίοδο σημάδεψε η παραγωγή χάλυβα και η ανακάλυψη του αλουμινίου που οδήγησε με τη σειρά του στην ανάπτυξη της Αεροναυπηγικής και της Αυτοβιομηχανίας, Σημαντικά επιτεύγματα στην επιστήμη και στη διαστημική τεχνολογία έφεραν τόσο τα κράματα αλουμινίου και τιτανίου όσο και οι ειδικοί τύπου χάλυβες.

Ακόμη και τη σημερινή εποχή τα υλικά που υπάρχουν δεν είναι ικανά να καλύψουν μεγάλο πλήθος τεχνικών αναγκών. Έτσι, μέχρι και σήμερα συνεχίζεται η έρευνα για τον έλεγχο της δομής των υλικών και η ανάπτυξη νέων επιστημών στον τομέα αυτό (2).

## **Κεφάλαιο 1 – Εταιρικό Προφίλ**

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα μελετήσουμε μια εταιρία, η οποία χαρακτηρίζεται ως μια μονάδα από τις πιο σύγχρονες στην παραγωγή ανοξείδωτων κατασκευών στην Ελλάδα. Τα τελευταία χρόνια έχει ειδικευτεί στην κατασκευή εμπορικών χοανών εξάτμισης κουζίνας, φούρνων με κάρβουνα και ψησταριών με μεγάλη επιτυχία. Αυτό που οδήγησε την εταιρία στην επιτυχία είναι η τεχνογνωσία, το έμπειρο προσωπικό καθώς και τα πρωτοποριακά μηχανήματα. Διαθέτει μια από τις πιο προηγμένες τεχνολογικά γραμμές παραγωγής ανοξείδωτων κατασκευών στην Ελλάδα.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, κατασκευάζονται προϊόντα υψηλής ποιότητας, τα οποία συνδυάζουν το μοντέρνο σχεδιασμό με τη λειτουργικότητα και τις ανταγωνιστικές τιμές.

Η εταιρία διαθέτει μια πλήρη γραμμή παραγωγής που περιλαμβάνει CNC και LASER μηχανήματα. Η γραμμή παραγωγής χρησιμοποιεί το λογισμικό Eproctia που χειρίζεται τον όγκο παραγωγής και παρέχει παρακολούθηση παραγωγής σε πραγματικό χρόνο, διαχείριση και έλεγχο.

Κατασκευάζει και προσφέρει στους πελάτες της μια μεγάλη σειρά προϊόντων εμπορικού εξοπλισμού κουζίνας από ανοξείδωτο χάλυβα, όπως απορροφητήρες εξάτμισης, φούρνους με κάρβουνο, φούρνους πίτσας με ξύλο/γκάζι, ψησταριές και ψησταριές με κάρβουνο. Προσφέρει επίσης συμβουλευτικές υπηρεσίες σχετικά με την τοποθέτηση του απορροφητήρα και των λοιπών προϊόντων της.

Η εταιρία προσπαθεί να κατασκευάζει προϊόντα που είναι πιο αποτελεσματικά, ευκολότερα στην εγκατάσταση και στη συντήρηση και προϊόντα που πληρούν τα υψηλότερα πρότυπα.

Αυτοί οι στόχοι οδήγησαν σε καινοτόμες ιδέες όπως το Air Flow Control Σύστημα (AFC), το οποίο μπορεί να εγκατασταθεί στους επαγγελματικούς απορροφητήρες εξάτμισης αντιστάθμισης, προκειμένου να ρυθμιστεί χειροκίνητα η ροή του εισερχόμενου αέρα. Καινοτόμες είναι και οι μηχανοκίνητες σούβλες με κάρβουνο, καθώς τοποθετείται ξεχωριστός κινητήρας σε κάθε άξονα για καλύτερη απόδοση.

Το όραμά της εταιρίας είναι να συνεχίσει να είναι μια πελατοκεντρική επιχείρηση με κύρια χαρακτηριστικά τη συνεχή ανάπτυξη και εμπορική επέκταση παρέχοντας στους πελάτες της υπηρεσίες και σύγχρονα όχι μόνο υψηλής ποιότητας αλλά και σε ανταγωνιστικές τιμές καθώς και την ανάπτυξη ενός δικτύου που να προσφέρει στους πελάτες την καλύτερη δυνατή υποστήριξη πριν από την πώληση αλλά και μετά την πώληση.

## Κεφάλαιο 2 – Κύρια υλικά κατασκευών

### 2.1 Επιλογή υλικών

Σήμερα είναι διαθέσιμο ένα ευρύ φάσμα υλικών. Κάθε τύπος υλικού έχει συγκεκριμένες ιδιότητες, κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα, περιορισμούς και κόστος. Η επιλογή των υλικών για την παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων και εξαρτημάτων αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιτυχία ή μη ενός προϊόντος. Δεδομένων των συνεχών εξελίξεων της τεχνολογίας, η επιλογή ενός κατάλληλου υλικού για μία συγκεκριμένη εφαρμογή από την ευρύτατη πλέον γκάμα επιλογών, γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη. Σε πολλές περιπτώσεις αναζητείται η υποκατάσταση των ήδη χρησιμοποιούμενων υλικών από άλλα, όχι μόνο λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων αλλά λόγω οικονομικών παραγόντων.

Παράγοντες που συμβάλλουν στην επιλογή υλικών είναι:

- Οι ιδιότητες των υλικών: Οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών όπως η αντοχή, η ολκιμότητα, η σκληρότητα, η ελαστικότητα, η αντοχή σε κόπωση, η αντίσταση σε ερπυσμό παρουσιάζουν άμεσο ενδιαφέρον για την επιλογή ενός υλικού παραγωγής. Το ίδιο σημαντικές είναι και οι φυσικές ιδιότητες των υλικών, όπως η πυκνότητα, η ειδική θερμότητα, το σημείο τήξης, καθώς επίσης και οι μαγνητικές και οι ηλεκτρικές ιδιότητες. Στις εξίσου σημαντικές χημικές ιδιότητες περιλαμβάνονται η διάβρωση, η τοξικότητα, η ευφλεκτότητα και η οξείδωση,. Τέλος οι κατασκευαστικές ιδιότητες υποδεικνύουν εάν και με ποιο βαθμό ευκολίας, ένα υλικό μπορεί να κατεργαστεί.
- Η διαθεσιμότητα των υλικών: Ο οικονομικός παράγοντας για την επιλογή υλικών είναι εξίσου σημαντικός με τον τεχνολογικό παράγοντα. Συνεπώς, η διαθεσιμότητα των υλικών αποτελεί μια επιπλέον σημαντική παράμετρο στο πλαίσιο της παραγωγής.
- Η λειτουργική ζωή των προϊόντων: Με την επιλογή των κατάλληλων υλικών επιδιώκεται να απομακρυνθεί, όσο αυτό είναι δυνατό, ο πρόωρος τερματισμός της λειτουργικής ζωής του προϊόντος.
- Η υποκατάσταση υλικών σε προϊόντα: Για πολλούς λόγους, κατά την παραγωγή προϊόντων γίνονται αντικαταστάσεις υλικών.

## 2.2 Ανοξειδωτος χάλυβας

Η Εταιρία είναι μια σύγχρονη μονάδα παραγωγής ανοξειδωτων κατασκευών, κατασκευών από ανοξειδωτο χάλυβα.

Ο ανοξειδωτος χάλυβας αποτελεί προϊόν αιχμής ευρείας χρήσης σε πλήθος διαφορετικών εφαρμογών και η παραγωγή του τυγχάνει ραγδαίας ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια. Οι πολύ καλές μηχανικές του ιδιότητες, η χημική του σύσταση αλλά και η αντοχή του σε δύσκολες συνθήκες χρήσης οφείλονται σε πολύ μεγάλο βαθμό στο τεχνολογικό υπόβαθρο που εμπεριέχει η διαδικασία παραγωγής του.

Ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι ένα προϊόν, το οποίο τόσο όταν χρησιμοποιείται όσο και στη διάρκεια παραγωγής του, είναι φιλικό προς τον άνθρωπο καθώς σέβεται την ασφάλεια και την υγεία του. Το υλικό αυτό δεν είναι βλαβερό προς τον άνθρωπο κατά την παραγωγική του διαδικασία, κατά την κατεργασία του και κατά την χρήση του. Το χρώμιο σχηματίζει ένα προστατευτικό επιφανειακό στρώμα, το οποίο επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής του καθώς προστατεύει τον ανοξειδωτο χάλυβα από τη διάβρωση. Προϋπόθεση για να συνεχίσει ο χάλυβας να είναι αδρανής και αβλαβής είναι η επιλογή της κατάλληλης ποιότητας ανοξειδωτου υλικού. Όλα τα παραπάνω οδήγησαν στο να αναδειχθεί ο ανοξειδωτος χάλυβας το βασικό υλικό στον τομέα της Ιατρικής, στον τομέα της βιομηχανίας τροφίμων και στον τομέα επαγγελματικών και οικιακών εφαρμογών.

Ταυτόχρονα, οι σχετικές με το νερό, τον αέρα και τον άνθρακα εκπομπές του ανοξειδωτου χάλυβα ελαχιστοποιούνται. Παράλληλα, ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι ένα υλικό που επαναχρησιμοποιείται και ανακυκλώνεται σε μεγάλο βαθμό. Το γεγονός ότι η συντήρηση του ανοξειδωτου χάλυβα δεν απαιτεί μεγάλο κόστος και ότι έχει μεγάλη διάρκεια ζωής φανερώνει ότι είναι ένα υλικό που επιδρά στον πλανήτη στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα (15).

Κάθε χρόνο η παγκόσμια ζήτηση ανοξειδωτου χάλυβα εμφανίζει αύξηση 5%. Για το έτος 2019 η παγκόσμια παραγωγή ανοξειδωτου χάλυβα εκτοξεύτηκε πάνω από τα 52.000.000 τόνους.

Ενώ ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι πιο ακριβός από τον ήπιο χάλυβα, οι εξαιρετικές του ιδιότητες οδηγούν σε αυξημένη διάρκεια ζωής και μειωμένο κόστος κύκλου. Έτσι το μεγαλύτερο αρχικό κόστος αποδίδει μακροπρόθεσμα (22).

Τί είναι όμως ο ανοξειδωτος χάλυβας;

Ο ανοξειδωτος χάλυβας χαρακτηρίζεται κυρίως από τις ακόλουθες ιδιότητες: αντίσταση στη διάβρωση, υψηλή αντοχή και ολκιμότητα. Ονομάζεται ανοξειδωτος επειδή παρουσία οξυγόνου στον αέρα, αναπτύσσουν ένα λεπτό, σκληρό και αυξημένης πρόσφυσης υμένιο οξειδίου του χρωμίου στην επιφάνειά του, στο οποίο οφείλεται η προστασία του μετάλλου από τη διάβρωση (φαινόμενο παθητικοποίησης). Το προστατευτικό υμένιο δημιουργείται εκ νέου σε περίπτωση χαραγής της επιφάνειας. Ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι ένα κράμα σιδήρου με άνθρακα και χρώμιο με ελάχιστη περιεκτικότητα σε χρώμιο 10 - 12% κ.β., προκειμένου να συμβεί η παθητικοποίηση. Εξαιτίας του χρωμίου δημιουργείται ένα πολύ λεπτό στρώμα (10–100 nm) τριοξειδίου του χρωμίου ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), το οποίο συμβάλλει στην προστασία του μεταλλικού υποστρώματος από τη διάβρωση και την οξείδωση. Ο ανοξειδωτος χάλυβας, εξαιρουμένου του χρωμίου, περιέχει και άλλα κραματικά στοιχεία: μολυβδαίνιο, νικέλιο, μαγγάνιο, χαλκό, τιτάνιο, πυρίτιο, νιόβιο, αλουμίνιο, άζωτο και θείο (23).

Όσο περισσότερο άνθρακα περιέχει, τόσο χαμηλότερη είναι η αντίσταση σε διάβρωση των ανοξειδωτων χαλύβων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο άνθρακας ενώνεται με το χρώμιο που υπάρχει στον χάλυβα και σχηματίζει καρβίδιο του χρωμίου. Η μειωμένη παρουσία του χρωμίου μειώνει την ικανότητα παθητικοποίησης του χάλυβα.



### Εικόνα 3: Ο ουρανοξύστης της Chrysler με επένδυση φύλων ανοξειδωτού χάλυβα

Η παραγωγή των ανοξειδωτών χαλύβων γίνεται σε ηλεκτρικές καμίνους με ανάτηξη παλαιοσιδήρου, σιδηροκραμάτων και άλλων μεταλλικών στοιχείων. Ευρεία είναι η χρήση του ανοξειδωτού χάλυβα σε εφαρμογές εξαιτίας της αντιδιαβρωτικής του ικανότητας για λόγους οικονομικούς (π.χ. χημική βιομηχανία), για λόγους αισθητικούς (π.χ. αρχιτεκτονική) ή για λόγους υγιεινής (π.χ. μαγειρικά σκεύη).

Ο ανοξειδωτός χάλυβας έχει υψηλότερη αντοχή στη διάβρωση από τον κοινό χάλυβα καθώς και υψηλότερη μηχανική αντοχή απ' αυτόν. Παρόλα αυτά, ο ανοξειδωτός χάλυβας είναι σκληρότερος από τον κοινό χάλυβα και ως εκ τούτου κατεργάζεται δυσκολότερα. Επιπρόσθετα, ο ανοξειδωτός χάλυβας έχει χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα από τον κοινό χάλυβα.

Ποια όμως είναι τα χαρακτηριστικά του ανοξειδωτού χάλυβα που ενισχύουν τη χρησιμότητά του;

- Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η λεία και γυαλιστερή του επιφάνεια καθώς και η αντοχή του στη διάβρωση.
- Παράγεται σε πολλές και διαφορετικές μορφές και διαστάσεις, όπως έλασμα, προφίλ, άξονας, σωλήνας, γωνία, αλυσίδα, σύρμα κλπ.



Εικόνα 4: Πλάκα ανοξείδωτου χάλυβα



Εικόνα 5: Σωλήνες ανοξείδωτου χάλυβα



Εικόνα 6: Αλυσίδα ανοξείδωτου χάλυβα



Εικόνα 7: Μορφή κυλίνδρων μασίφ



- Η λεία επιφάνειά του είναι ευκολοκαθάριστη και συμβάλλει στην αποφυγή συγκέντρωσης βακτηριδίων.
- Δεν έχει περιεκτικότητα σε μόλυβδο και ψευδάργυρο και ως εκ τούτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον τομέα της βιομηχανίας επεξεργασίας τροφίμων και στην ιατρική βιομηχανία. Δεν είναι βλαβερός στην υγεία του ανθρώπου καθώς η περιεκτικότητά του σε χρώμιο και νικέλιο είναι μικρή.
- Η αντοχή του στη διάβρωση μαζί με την υψηλή του σκληρότητα συμβάλλει στην σχεδίαση λεπτότερων και ελαφρύτερων προϊόντων.
- Είναι στο σύνολό του ανακυλώσιμο υλικό που δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Στις μέρες μας πάνω από το 50% της παραγόμενης ποσότητας του ανοξειδωτού χάλυβα προέρχεται από ανακυκλώσιμο υλικό.

(24).

### 2.3 Παραγωγή

Η παραγωγή του ανοξειδωτού χάλυβα γίνεται σε κλίβανο – κάμινο ηλεκτρικού τόξου παραπλήσιο με τον κλίβανο που παράγεται ο κοινός χάλυβας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι πρώτες ύλες είναι πρωτογενής σίδηρος, άνθρακας και μέταλλα, όπως το χρώμιο και το νικέλιο. Η τελική ποιότητα του ανοξειδωτού χάλυβα καθορίζεται από την αναλογία των πρώτων υλών.

Το μέταλλο σε υγρή μορφή περνάει από την ηλεκτρική κάμινο σε μεταλλάκτη AOD (Argon Oxygen Decarbonization) προκειμένου να απομακρυνθεί ο άνθρακας που περιέχεται με εμφύσηση αργού και οξυγόνου. Στη διαδικασία της απανθράκωσης, το αέριο μείγμα που εμφυσάται εμπλουτίζεται περισσότερο με Αργό με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα του υγρού μετάλλου σε άνθρακα να παρουσιάζει μείωση από 1,5% σε ποσοστό έως 0,015%κ.ο. Η απανθράκωση του τήγματος δύναται να πραγματοποιηθεί και σε μεταλλάκτη VOD (Vacuum Oxygen Decarbonization) με εμφύσηση οξυγόνου υπό συνθήκες κενού.

Στη συνέχεια, για την απομάκρυνση των υπολειπόμενων σωματιωμάτων γίνεται καθαρισμός του υγρού υπό κενό. Ύστερα χύνεται σε καλούπια προκειμένου να επιτευχθεί η πλινθωμάτων

ή χύνεται συνεχόμενα σε δοκούς ή σε πλάκες υπό πίεση. Η έλαση των πλινθωμάτων και των δοκών πραγματοποιείται εν θερμώ ή εν ψυχρώ (8).

Για να είναι μαλακότερα τα φύλλα του ανοξειδωτου χάλυβα τις περισσότερες φορές περνούν από θερμική κατεργασία και στη συνέχεια περνούν από λουτρό οξέος προκειμένου να καθαριστούν αλλά και για να προκύψει ένα λεπτό στρώμα οξειδίου του χρωμίου που παρέχει στον χάλυβα προστασία από την διάβρωση (9).

## **2.4 Είδη ανοξειδωτων χαλύβων**

Οι μαγνητικοί και μη μαγνητικοί ανοξειδωτοι χάλυβες ομαδοποιούνται βάσει της κύριας φάσης στην κρυσταλλική δομή τους:

1. Φερριτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες.
2. Μαρτενσιτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες.
3. Διφασικοί (Duplex) ανοξειδωτοι χάλυβες.
4. Ωστενιτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες.

Οι παραπάνω τρεις πρώτοι τύποι ανοξειδωτου χάλυβα είναι τυπικά μαγνητικοί.

### **2.4.1 Φερριτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες**

Οι ανοξειδωτοι χάλυβες που εμφανίζουν μεγάλη ποσότητα φερρίτη, ο οποίος είναι ένωση σιδήρου με άλλα μέταλλα, είναι μαγνητικοί και ονομάζονται Φερριτινικοί. Η μαγνητική τους ικανότητα οφείλεται στον συνδυασμό μιας φερριτικής κρυσταλλικής δομής με σίδηρο. Παρόλα αυτά, κάποιοι φερριτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες εμφανίζουν μικρότερη μαγνητική ικανότητα από τον κανονικό άνθρακα.

### **2.4.2 Μαρτενσιτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες**

Εξίσου, μαγνητικοί μπορεί να είναι και αρκετοί μαρτενσιτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες. Στην ύπαρξη σιδήρου οφείλεται η σιδηρομαγνητική ικανότητα της κρυσταλλική δομή των μαρτενσιτικών χαλύβων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ένας τύπου χάλυβας είναι και ο

ανοξειδωτος χάλυβας, είναι φυσικό να υφίσταται μεγάλο ποσοστό σιδήρου στη σύστασή του. Αυτός άλλωστε είναι ο λόγος που αρκετοί μαρτενσιτικοί χάλυβες έχουν μαγνητικές ικανότητες.

### **2.4.3 Duplex ανοξειδωτοι χάλυβες**

Οι Διφασικοί ανοξειδωτοι χάλυβες έχουν κι αυτοί μαγνητική ικανότητα γιατί στη σύστασή τους υπάρχουν ένας συνδυασμός ωστενίτη και φερρίτη. Και σ' αυτήν την περίπτωση η μεγάλη μαγνητική ποσότητα φερρίτη συμβάλλει στην μαγνητική ικανότητα των Διφασικών ανοξειδωτων χάλυβων. Πολλές φορές οι Διφασικοί ανοξειδωτοι χάλυβες έχουν ασθενέστερη μαγνητική ικανότητα από τους φερριτικούς χάλυβες εξαιτίας της μεγαλύτερης ποσότητας ωστενίτη που περιέχουν (21).

### **2.4.4 Ωστενιτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες**

Για να πάρουμε ωστενιτικούς χάλυβες απαιτείται η προσθήκη αρκετής ποσότητας νικελίου στη σύσταση του χρωμιούχου χάλυβα.

Περιεκτικότητες : 12-30%Cr και 7-25% Ni.

Οι ωστενιτικοί χάλυβες δεν έχουν μαγνητικές ικανότητες και δεν είναι δυνατή η βαφή τους.

Ένας τύπος κλασικού βασικού ωστενιτικού ανοξειδωτου χάλυβας είναι και ο χρωμιούχος με Cr=18% και Ni=8%. Αυτός ο τύπος χάλυβα είναι ο ανοξειδωτος χάλυβας 18/8.

## **Κεφάλαιο 3 – Γραμμή παραγωγής**

Γραμμή παραγωγής είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία. Η βιομηχανική παραγωγική διαδικασία στηρίζεται στη γραμμή παραγωγής, η οποία στηρίζεται σε μηχανήματα και οργανωμένες λειτουργίες, με στόχο τη βελτίωση της ταχύτητας της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και τη μείωση του παραγωγικού κόστους.

Στην αυτοματοποιημένη παραγωγική διαδικασία κάθε εργασία που απαιτείται για να ολοκληρωθεί ένα προϊόν γίνεται διαδοχικά – στη σειρά η μία μετά την άλλη – και κάθε υπάλληλος εξειδικεύεται σε μόνο μια εργασία. Οι εργασίες αυτές μπορεί να γίνονται και αυτόματα μόνο από μηχανήματα. Το σημαντικό είναι να ρυθμιστούν με τέτοιο τρόπο ώστε η μία εργασία να μην καθυστερεί την άλλη. Η γραμμή παραγωγής μειώνει πολύ το κόστος παραγωγής ενός προϊόντος.

Σήμερα η αυτοματοποιημένη γραμμή παραγωγής παρέχει τη δυνατότητα για επιτάχυνση της παραγωγικής διαδικασίας και συμβάλλει στον έλεγχο ποιότητας των προϊόντων.

### **3.1 Λογισμικό παραγωγής**

Η γραμμή παραγωγής χρησιμοποιεί το λογισμικό παραγωγής Εφορτία που χειρίζεται τον όγκο παραγωγής και παρέχει παρακολούθηση παραγωγής σε πραγματικό χρόνο, διαχείριση και έλεγχο. Κύριος στόχος του λογισμικού είναι ο Ψηφιακός Μετασχηματισμός παραγωγής.

Το λογισμικό παραγωγής προσφέρει:

#### **➤ Ιχνηλασιμότητα & Οπτικοποίηση**

Καθολική ιχνηλασιμότητα σε αληθινό χρόνο καθώς και σε όλες τις φάσεις της παραγωγής των προϊόντων. Παρακολουθούνται και ταυτόχρονα ακολουθούνται τα ίχνη των παρτίδων, των σειριακών σταθμών, των μετρήσεων και των συναγερμών, το πότε και από ποιον έλαβε χώρα η κάθε ενέργεια.

Πολύ γρήγορα μπορεί να ελεγχθεί κατά πόσο έχουν ολοκληρωθεί οι εντολές της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και αν υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι. Από την άμεση ιχνηλασιμότητα προκύπτουν πολλαπλά οφέλη τόσο για τον υπεύθυνο της παραγωγικής διαδικασίας όσο και για τα άλλα τμήματα της επιχείρησης, όπως το

Τμήμα πωλήσεων και το τμήμα παραγγελιών, τα οποία είναι σε θέση να δώσουν άμεσα απαντήσεις στους πελάτες τους σχετικά με το χρόνο παράδοσης και γενικά να έχουν μια μορφή ευελιξίας απέναντί τους.

Ταυτόχρονα είναι σε θέση να έχουν άμεση πρόσβαση στον συνολικό χρόνο της παραγωγικής διαδικασίας χωριστά για κάθε προϊόν καθώς και για όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Στις δυνατότητες του λογισμικού περιλαμβάνονται και άλλες λειτουργίες, όπως επάρκεια υλικών, αριθμοί παρτίδων, πληροφορίες για τους προμηθευτές κ. ά..

➤ Εκτέλεση παραγωγής

Δίνονται ολοκληρωμένες κατευθύνσεις στους χειριστές μέσω ενός φιλικού προς τον χρήστη λογισμικού. Οι κατευθύνσεις αυτές περιέχουν σχέδια, σχόλια με ειδικό σχεδιασμό καθώς και προδιαγραφές. Οι χειριστές του λογισμικού είναι ενήμεροι για τον φόρτο εργασίας, για το τι πρέπει να κάνουν, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τις αστοχίες αλλά και τις υπερφορίες. Έτσι έχουμε μια αποδοτικότερη παραγωγική διαδικασία με ταυτόχρονη σημαντική μείωση του παραγωγικού κόστους.

➤ Προτεραιοποίηση Παραγωγής

Γίνεται ο βέλτιστος προγραμματισμός της παραγωγικής διαδικασίας με χρήση της διαθεσιμότητας των πόρων, πάντα σε συνάρτηση με τις ανάγκες της Εταιρίας. Λαμβάνονται σημαντικές αποφάσεις γρηγορότερα και αλλάζουν το πρόγραμμα σε κλάσματα δευτερολέπτων με ταυτόχρονη ενημέρωση της παραγωγικής διαδικασίας. Με τον τρόπο αυτόν αξιοποιούνται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι διαθέσιμοι πόροι συνυπολογίζοντας την επιθυμητή ολοκλήρωση της παραγωγικής διαδικασίας, τη διαθεσιμότητα υλικών και τις διαθέσιμες ποσότητες που παράχθηκαν στα στάδια που προηγήθηκαν. Έτσι έχουμε μείωση των χρόνων παραγωγής, αξιοποίηση των πόρων στο μέγιστο και βελτίωση των χρόνων παράδοσης.

➤ Χρόνο-Προγραμματισμός Πόρων

Μια από τις κυριότερες λειτουργίες του συγκεκριμένου λογισμικού προγράμματος είναι η αξιοποίηση των πόρων της επιχείρησης ανάλογα με τις προτεραιότητες των εντολών και τη διαθεσιμότητα των πόρων.

- Εισάγοντας τους πρότυπους χρόνους, μπορούμε να δούμε το φόρτο κάθε πόρου του εργοστασίου. Επιπρόσθετα είναι δυνατή η αλλαγή της διαθεσιμότητας σύμφωνα με τις τρέχουσες ανάγκες και η αξιοποίηση των πόρων στο μέγιστο.
- Μηχανική εκμάθηση σε στόχους παραγωγής  
Με προηγμένους αλγόριθμους υπολογίζεται ο πραγματικός χρόνος που χρειάστηκαν οι εργαζόμενοι για την παραγωγή ενός συγκεκριμένου προϊόντος και αυτό επιστρέφει ως στόχος για την ενίσχυση της παραγωγικότητας.
  - Επιχειρηματική Ευφυΐα  
Είναι δυνατή η χρήση Αλγορίθμων Μηχανικής Εκμάθησης για απόδοση χρόνου ολοκλήρωσης, η μέτρηση της αποδοτικότητας με δείκτες απόδοσης σε πραγματικό χρόνο, η προσθήκη βελτιώσεων και μέτρηση των αποτελεσμάτων καθώς και η μέτρηση του χρόνου που κοστίζουν τα πραγματικά προβλήματα, η καταγραφή συναγερμών καθυστερήσεων.  
Με τη χρήση δεικτών γίνεται μέτρηση της παραγωγικότητας και αποτελεσματικότητας σε συνάρτηση με τη διαθεσιμότητα, την απόδοση καθώς και την ποιότητα.
  - Εξασφάλιση ποιότητας  
Η ποιότητα και διαφάνεια εξασφαλίζονται με την καταγραφή όλων των σταδίων, ενεργειών και μετρήσεων.  
Δίνεται η δυνατότητα εκτύπωσης τις ετικετών και φορμών αυτόματα, με ταυτόχρονη αυτόματη εισαγωγή δεδομένων.  
Επιπρόσθετα διατηρούνται τα δεδομένα, τα οποία συμβάλλουν στην ανάλυση παραγωγικότητας, αλλά και ως απόδειξη κατασκευής και αρχεία καταγραφής. Σε περίπτωση που κάποιος πελάτης κάνει ένα παράπονο, ανατρέχοντας στο ιστορικό, εντοπίζεται ακριβώς τι συνέβη στην παραγωγή.
  - Ταμπλό Εργοστασίου  
Οθόνες δείχνουν την αληθινή κατάσταση της παραγωγικής διαδικασίες για γρήγορους χρόνους αντίδρασης, υποστήριξη λήψης αποφάσεων και έλεγχο κάθε πόρου.

Οι οθόνες επισκόπησης είναι περιληπτικές. Απεικονίζουν σε πραγματικό χρόνο την αποτελεσματικότητα, τη χρήση χρόνου, τις καθυστερήσεις και άλλες σημαντικές πληροφορίες.

Εντοπίζονται τα προβληματικά σημεία και ο υπερβολικός φόρτος εργασίας ώστε να γίνεται σωστή διανομή των πόρων σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες.

➤ Έξυπνες ροές εργασίας

Αυτοματοποίηση της διαδικασίας παραγωγής με τις διαδραστικές ροές εργασίας. Ρύθμιση του κύκλου της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων μετά από την επιλογή των σταδίων παραγωγής από τα οποία θα περάσουν τα προϊόντα.

Με την κατηγοριοποίηση των προϊόντων σύμφωνα με συγκεκριμένες ροές εργασίας έχουμε αύξηση της παραγωγικότητας. Ορισμός κανόνων για την παραγωγική διαδικασία και χρήση έξυπνων εργαλείων για αυτόματο συγχρονισμό ροών εργασίας.

➤ IoT Ενσωμάτωση

Με το δίκτυο συνδέονται οι μηχανές μεταξύ τους και καταγράφονται οι πραγματικές εκκινήσεις, σταματήματα, συναγερμοί και καθυστερήσεις.

Συλλέγονται πολύτιμες μετρήσεις από όργανα, αισθητήρες για την αξιοπιστία με αποδείξεις κατασκευής (25).

### 3.2 CNC Μηχανές

Η εταιρία διαθέτει μια πλήρη γραμμή παραγωγής που περιλαμβάνει CNC μηχανές. Οι CNC μηχανές (Computer Numerical Control) είναι μια πολύ καλή επιλογή για κοπή και χάραξη διαφόρων υλικών. Ένας H/Y μετασχηματίζει σε νούμερα τον σχεδιασμό του λογισμικού σχεδίασης. Οι αριθμοί αυτοί λειτουργούν σαν συντεταγμένες γραφήματος και συμβάλλουν στον έλεγχο της κίνησης του κόπτη. Έτσι με τον H/Y ελέγχεται η κοπή και η διαμόρφωση του υλικού. Με άλλα λόγια, οι CNC μηχανές κάνουν χρήση κωδικοποιημένων κατευθύνσεων, οι οποίες έρχονται από εσωτερικό υπολογιστή, δίνοντας τη δυνατότητα δημιουργίας βιομηχανικών εξαρτημάτων, χωρίς άμεση ανθρώπινη βοήθεια

με ακρίβεια και ταχύτητα. Διατίθεται μια μεγάλη ποικιλία τύπων CNC μηχανών, οι οποίες δύναται να χρησιμοποιηθούν σε μια μεγάλη ποικιλία υλικών (26).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στις μηχανές CNC, ένας υπολογιστής ελέγχει όλες τις λειτουργίες.

Μια CNC μηχανή αποτελείται από δύο κύρια μέρη:

1. το υλικό και λογισμικό του ελεγκτή (controller) και
2. την ίδια την εργαλειομηχανή.

Ο controller είναι ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής που κάνει προγραμματιζόμενες εντολές, εκτιμά τις ρυθμίσεις που είναι απαραίτητο να γίνουν στη μηχανή, κάνει έλεγχο και κατευθύνει τους μηχανισμούς κίνησης του εργαλείου με αποτέλεσμα η εργαλειομηχανή να είναι κάτω από συνολικό έλεγχο.

Ένας τυπικός CNC controller διαθέτει οθόνη.

Η οθόνη συμβάλλει στην επικοινωνία ανάμεσα στον χειριστή και τη μηχανή και συμβάλλει στην εισαγωγή προγραμμάτων, το ξεκίνημα και τον έλεγχο της προόδου του μηχανήματος κατεργασίας.



Εικόνα 8: CNC Μηχανή



Ένας οδηγός USB βοηθά στην εισαγωγή του προγράμματος και στην σύνδεση και με άλλους ηλεκτρονικούς υπολογιστές μέσω ενός τοπικού δικτύου.

Για τους Controllers είναι απαραίτητο ένα σύστημα συντεταγμένων, το οποίο συμβάλει στον προσδιορισμό των διαστάσεων των κατεργαζόμενων υλικών, εργαλείων και άλλων εξαρτημάτων στον χώρο εργασίας της μηχανής.

Το σύστημα αυτό των συντεταγμένων είναι τις περισσότερες φορές το καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων των τριών αξόνων που τέμνονται σε ορθή γωνία.

Μια εργαλειομηχανή CNC διαθέτει κατ' ελάχιστον 3 άξονες κίνησης των μέσων κατεργασίας,

τους X και Y που αναφέρονται στην οριζόντια κίνηση και τον Z που αναφέρεται στην κατακόρυφη κίνηση.

Πέρα από αυτούς τους 3 άξονες υπάρχει η δυνατότητα ύπαρξης και άλλων αξόνων, όπως τους άξονες A, B, και Γ ως άξονες περιστροφής γύρω από τους άξονες X, Y και Z.

Καθένας από τους άξονες προσφέρει στην εργαλειομηχανή και ένα βαθμό ελευθερίας.

Οι κινήσεις και οι ποικίλες βοηθητικές εργασίες καθορίζονται με ένα συνδυασμό 'λέξεων' σε γραμμές κώδικα, οι οποίες δημιουργούνται αυτόματα από το σχεδιαστικό πρόγραμμα.

Καθεμιά λέξη προσδιορίζεται από έναν αλφαβητικό χαρακτήρα που συνοδεύεται από έναν αριθμό. Οι κώδικες προγραμματισμού είναι διαφορετικοί ανάλογα τον κατασκευαστή των μηχανών CNC, τόσο στην εντολή που καθορίζει η κάθε λέξη όσο και στην μορφή τους (27).

### **3.3 Σχεδιαστικά Προγράμματα-Λογισμικά σχεδίασης**

Τα CNC μηχανήματα μετάλλου είναι αυτοματοποιημένα μηχανήματα κοπής, τα οποία καθοδηγούν την κοπή βάσει του σχεδίου – προγράμματος κοπής. Είναι ιδανικά για κατεργασίες ακριβείας, αναβαθμίζοντας τις υπηρεσίες των σύγχρονων μονάδων επεξεργασίας μετάλλου αφού προσφέρουν τη δυνατότητα της επεξεργασίας μετάλλων για τη δημιουργία μοντέρνων σύνθετων μορφών και πρωτότυπων σχεδίων με βάση σχέδια 3D.

Ο σημαντικότερος στόχος ενός σχεδιαστικού προγράμματος είναι η αύξηση της αποδοτικότητας των μηχανικών, η ακρίβεια των μηχανών, η αύξηση παραγωγής.

Τα κυριότερα οφέλη από τη χρήση ενός σχεδιαστικού προγράμματος:

1. Μείωση χρόνου όσον αφορά τη δημιουργία σχεδίων.
2. Μείωση της πολυπλοκότητας του σχεδιασμού.
3. Μείωση του κόστους των υπολογισμών και της ελαχιστοποίησης του κόστους στη δημιουργία κάτι και τη λειτουργία του μέσω της επιλογής των βέλτιστων τρόπων υλοποίησης.
4. Βελτίωση των ποιοτικών και τεχνικών και οικονομικών δεικτών του αποτελέσματος σχεδιασμού.
5. Μείωση των δαπανών που προχωρούν σε μοντέλα πλήρους κλίμακας και στις απαραίτητες δοκιμές.

Η λειτουργία αυτοματοποιημένων μηχανημάτων, συνδέονται με θέματα-προβλήματα, τα οποία σχετίζονται με :

- τον προγραμματισμό λόγω του γεγονότος ότι είναι απαραίτητο για τη χρήση της εργαλειομηχανής εξειδικευμένοι χειριστές καθώς και εκπαίδευση αυτών
- το μεγάλο οικονομικό κόστος για την αγορά τους.
- την αναγκαιότητα ύπαρξης υψηλής ειδίκευσης προσωπικό, τόσο για τον προγραμματισμό της μηχανής όσο για άλλες εργασίες όπως οι ρυθμίσεις της εργαλειομηχανής, προετοιμασία και έλεγχος εργαλείων, συντήρηση κλπ (3).

Οι εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση έναντι των συμβατικών εργαλειομηχανών παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Υψηλή διασπαστική ακρίβεια και ακρίβεια μορφής και θέσης.
- Σύγχρονη κίνηση σε πολλούς άξονες, που επιτρέπει την κατεργασία σύνθετων επιφανειών στο χώρο.
- Μείωση του αριθμού των ελαττωματικών τεμαχίων με ταυτόχρονο περιορισμό της απαίτησης για έλεγχο ποιότητας.
- Μείωση του «νεκρού» χρόνου καθώς και του χρόνου που παραμένει το κομμάτι στη μηχανή.
- Δεν χρειάζονται κατασκευαστικά σχέδια αλλά μια μορφή σχεδίου που περιγράφεται με μαθηματικές σχέσεις.
- Ευκολία στον χειρισμό όσο και στον προγραμματισμό.

- Ο χρόνος κατεργασίας είναι αυστηρά καθορισμένος με αποτέλεσμα τον σαφή έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας
- Η εκτέλεση των κατεργασιών πραγματοποιείται με σημαντική ευελιξία του μέσω κοπής στον "αέρα" ή με την βοήθεια προσομοιωτών, μειώνονται σε μεγάλο βαθμό οι πιθανότητες λαθών και ο χρόνος προετοιμασίας της εργαλειομηχανής. Επιπρόσθετα, οι CNC εργαλειομηχανές βοηθούν σε μια συντονισμένη συνεργασία ανάμεσα στα τμήματα της εταιρίας (σχεδιασμός - προγραμματισμός - παραγωγή - ποιοτικός έλεγχος – διάθεση προϊόντων). Πιο συγκεκριμένα:
  - στην οργάνωση της εργασίας. Παλιότερα για τη χρήση των συμβατικών εργαλειομηχανών ήταν προαπαιτούμενα διαφορετικά προσόντα που τώρα παραβλέπονται. Με τη χρήση των ψηφιακά καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών επιθυμητά προσόντα είναι πλέον οι γνώσεις όπως μαθηματικών, γνώσεις δομής και οργάνωσης εργασιών κλπ.
  - στη δομή των επαγγελματιών. Πλέον απαραίτητος είναι ένα ειδικευμένος τεχνικός-χειριστής της εργαλειομηχανής, ο οποίος θα είναι σε θέση να προγραμματίζει, να χρησιμοποιεί και να ελέγχει σε όλες τις φάσεις λειτουργίας μιας εργαλειομηχανής με ψηφιακή καθοδήγηση. Οι τεχνικοί αυτοί απλά επιτηρούν τις εργαλειομηχανές την ώρα που λειτουργούν ενώ ειδικοί τις προγραμματίζουν.
  - στα προϊόντα : Υπάρχει πλέον η δυνατότητα τα διαφορετικά είδη προϊόντων να κατεργάζονται με υψηλή διαστατική ακρίβεια και ακρίβεια μορφής. Οι δυνατότητες αυτές αυξάνουν την ανταγωνιστικότητα της εταιρίας, την παραγωγικότητα και τον όγκο παραγωγής και ταυτόχρονα συμβάλλουν στη μείωση του οικονομικού κόστους της παραγωγικής διαδικασίας (2).

Η προς μελέτη εταιρία χρησιμοποιεί τα σχεδιαστικά προγράμματα AutoCAD και Inventor.

### **3.3.1 Σχεδιαστικό πρόγραμμα Inventor**

Από τότε που ο παραμετρικός σχεδιασμός αναπτύχθηκε και άρχισε η εφαρμογή του προκάλεσε μια μεγάλη επανάσταση στη βιομηχανία σε παγκόσμιο επίπεδο. Πολλοί διαφορετικοί κλάδοι, εκτός από τη μηχανολογία, όπως ο τομέας των αυτοματισμών, της

ρευστομηχανικής, της ηλεκτρολογίας κ.ά., χρησιμοποιούν τον παραμετρικό σχεδιασμό. Η εφαρμογή του είναι πια πολλαπλή και είναι πλέον αδύνατον να υπάρχει εκσυγχρονισμένη βιομηχανία χωρίς τη χρήση ενός σχεδιαστικού τρισδιάστατου παραμετρικού λογισμικού. Στον μηχανολογικό κλάδο ο 3D παραμετρικός σχεδιασμός έχει κύριο και κρίσιμο ρόλο. Στον κατασκευαστικό τομέα ο εν λόγω προγραμματισμός έχει εφαρμογή σε μεγάλο αριθμό βιομηχανιών.

Ο τρισδιάστατος σχεδιασμός επιλέγεται λόγω της πληθώρας των πλεονεκτημάτων του, κάποια από τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Ιδιαίτερα σημαντικές ιδιότητες προσφέρει ο 3D σχεδιασμός, όπως η βελτιωμένη οπτική αντίληψη του σχεδιαστή.
- Η βελτιωμένη οπτική αντίληψη επιφέρει σημαντικές καινοτομίες.
- Γίνεται πιο εύκολος ο έλεγχος του σχεδίου.
- Ύπαρξη εργαλείων ελέγχου για την εξάλειψη της παράβλεψης των σφαλμάτων.
- Είναι πιο εύκολο να επιτευχθεί τόσο η καλαισθησία όσο και το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- Συμβάλλει στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας του σχεδιαστή, στη μείωση των κύκλων σχεδιασμού καθώς και στη μείωση της κατασκευαστικής διαδικασίας που επιφέρει οικονομία χρόνου.
- Είναι δυνατός και εύκολος πλέον ο διαμοιρασμός των χαρακτηριστικών του σχεδίου τόσο μέσα στην ίδια την επιχείρηση όσο και προς τους πελάτες και τους προμηθευτές της.

Ως αποτέλεσμα όλων των προαναφερόμενων είναι η αισθητή μείωση ανάμεσα στις διαδικασίες. Ως εκ τούτου είναι δυνατή η μείωση του οικονομικού κόστους του προϊόντος, με αποτέλεσμα μια σημαντική αύξηση κέρδους ή και μείωση της τιμής του προϊόντος (11).

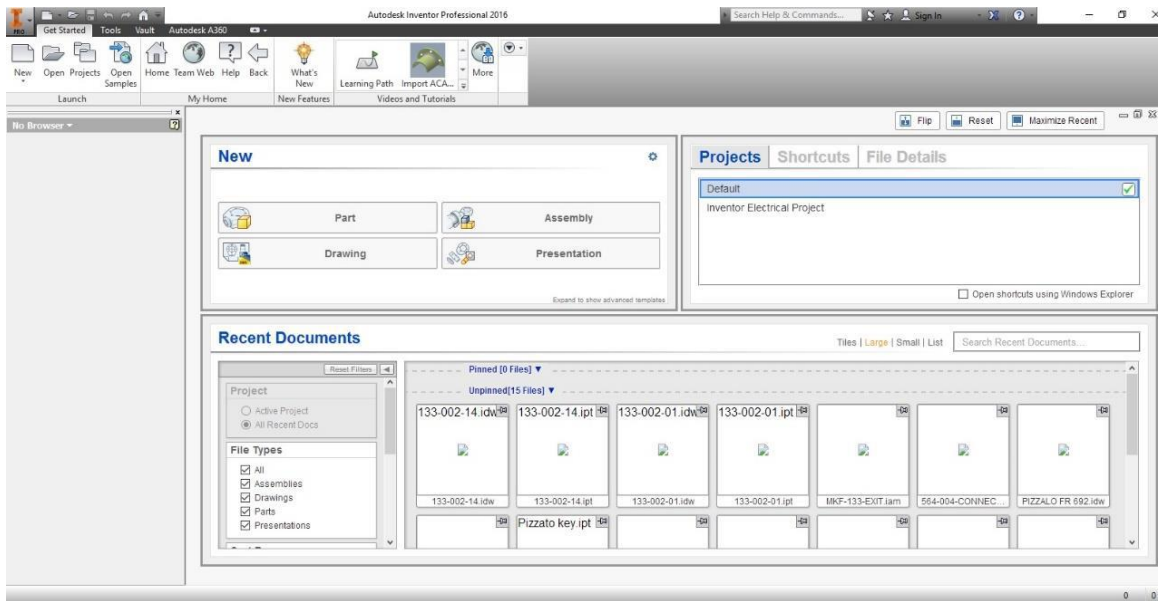
Το Inventor είναι μία εφαρμογή τρισδιάστατης μοντελοποίησης, που χρησιμοποιείται κυρίως στον βιομηχανικό τομέα, παρέχει βελτιωμένες εφαρμογές ανάπτυξης έξυπνων ψηφιακών μοντέλων που στοχεύουν στην αποδοτικότερη παρουσίαση των αντικειμένων. Οι χρήστες του Inventor μπορούν να δημιουργήσουν parts, assemblies, drawings και presentations.

Το Inventor είναι ένα λογισμικό για τρισδιάστατη σχεδίαση (3D). Παρέχει ένα πολύ εύκολο στο χειρισμό πακέτο εργαλείων με στόχο τον 3D σχεδιασμό, την απεικόνιση των προϊόντων και τη δημιουργία καλουπιών. Η προτυποποίηση με το εν λόγω λογισμικό δίνει τη δυνατότητα σε επαγγελματίες του κλάδου να σχεδιάσουν και να αποσαφηνίσουν την ευχρηστικότητα και το πως αυτό λειτουργεί πριν ακόμη την κατασκευή του. Το πρόγραμμα αυτό επιτρέπει τη δημιουργία πρωτότυπων προϊόντων που αναπαριστούν με πιστότητα την τριβή, το βάρος, τα φορτία οδήγησης την ένταση και αρκετά άλλα χαρακτηριστικά των προϊόντων μέσα σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον. Με τη χρήση ολοκληρωμένων εργαλείων που προσομοιώνουν και εργαλείων που αναλύουν την συνδεσμολογία προσφέρεται η δυνατότητα της δημιουργίας και της δοκιμής με σχέδια καλουπιών για λεπτομερή μοντέλα μηχανολογίας. Το Inventor πρόκειται για ένα λογισμικό το οποίο έγινε γνωστό για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων μεγάλης ακρίβειας, τα οποία βοηθούν στη δημιουργία και απεικόνιση των προϊόντων.

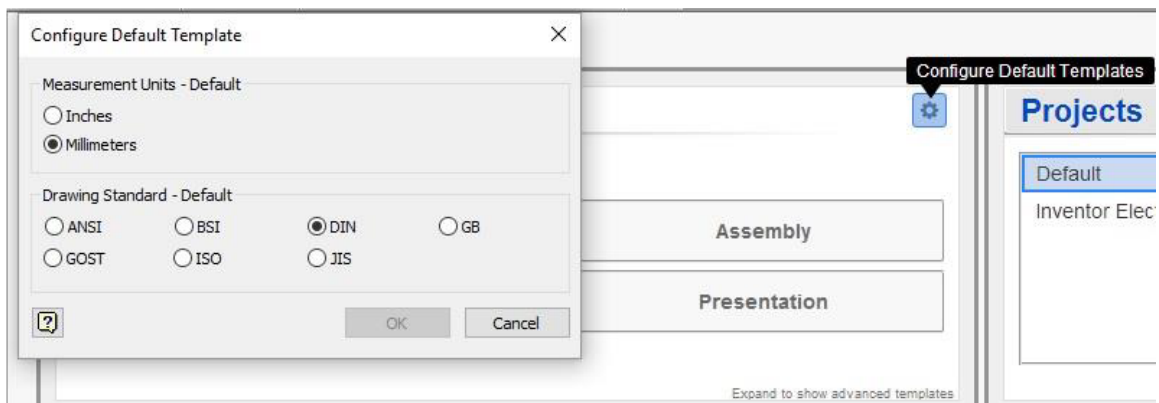
Συμπερασματικά, η ψηφιακή προτυποποίηση είναι η πιο γρήγορη και η πιο οικονομική μέθοδος που συμβάλει στην αξιολόγηση των σχεδιαστικών ιδεών που έχει ως επακόλουθο την ιδιαίτερα αξιοσημείωτη επιτάχυνση της διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντων αλλά και η δημιουργία ανταγωνιστικότερων προϊόντων καλύτερης ποιότητας με χαμηλότερο κόστος της ανάπτυξης.

Πολλαπλές είναι οι χρήσεις του Inventor, όπως:

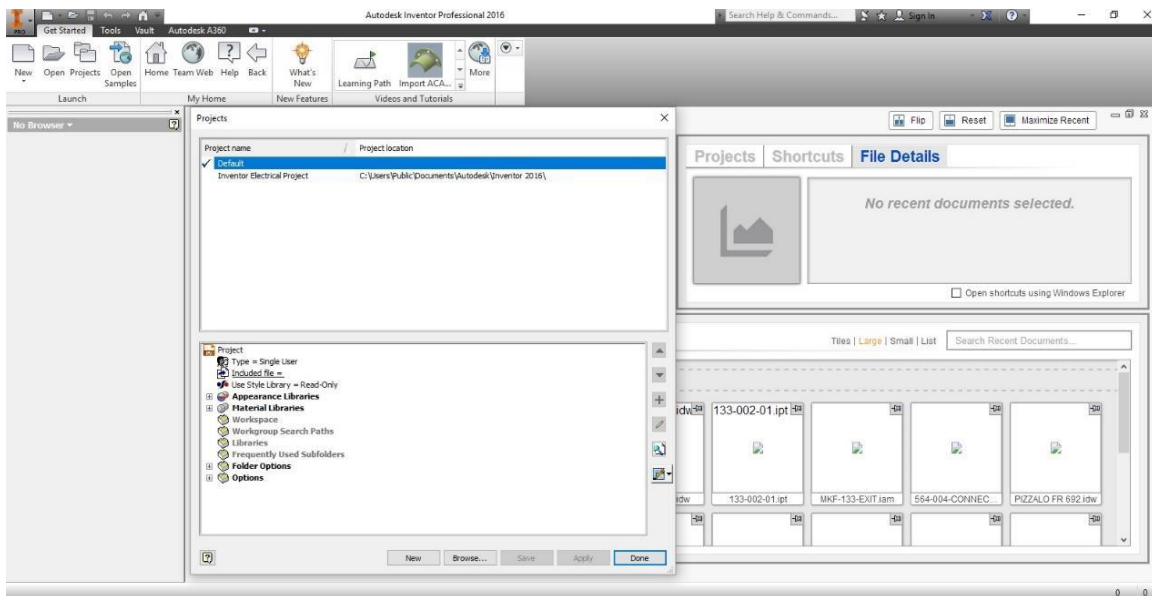
- Κατασκευή 3D εξαρτημάτων, 3D εικονικών μοντέλων
- Δημιουργία ολοκληρωμένων μηχανικών συστημάτων
- Σχεδιασμός σχεδίων DWG, σωληνώσεων, ηλεκτρικών συστημάτων
- Προσομοίωση και κατασκευή καλουπιών
- Τεκμηρίωση σχεδιασμού



Εικόνα 9: Αρχική οθόνη (My Home) του προγράμματος



Εικόνα 10: Επιλογές προγράμματος



Εικόνα 11: Δημιουργία νέου έργου

Τελικά, το Inventor είναι ένα λογισμικό που αξιοποιείται σε πολλούς τομείς και βοηθάει τους επαγγελματίες του χώρου να κλείσουν το χάσμα μεταξύ του σχεδιασμού, της μηχανικής και της κατασκευής. Η χρήση του συμβάλλει στη μείωση του οικονομικού κόστους παραγωγής σε μεγάλο βαθμό μέσω των ψηφιακών προτύπων και των εικονικών δοκιμών. Στη συνέχεια συμβάλλει στο να μειωθούν τα σφάλματα και βοηθάει προκειμένου να αποτραπούν οι διορθωτικές αλλαγές στην κατασκευή. Όλα αυτά συμβάλλουν στην επιτάχυνση των κύκλων παραγωγής αλλά και στο να κυκλοφορήσουν γρηγορότερα τα νέα προϊόντα στην αγορά (6).

### 3.3.2 Συνδυασμός σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD και Inventor

Η χρήση του προγράμματος AutoCAD μαζί με τη χρήση του προγράμματος Inventor προσφέρει πολλά οφέλη. Δίνει ένα γνώριμο περιβάλλον στον χρήστη σχεδιασμό με εφαρμογές συμβατές με το AutoCAD αλλά και αναπτύσσει σχέδια DWG για κατασκευή και συναρμολόγηση. Το Inventor αφήνει τους χρήστες του AutoCAD να εκμεταλλευτούν τα υπάρχοντα δισδιάστατα σχέδιά τους για τη μετατροπή του σε τρισδιάστατα μοντέλα. Μια πολύ γνωστή χρήση του Inventor είναι η ψηφιακή προτυποποίηση. Με το Inventor τα

πρωτότυπα είναι δυνατόν να δημιουργηθούν με ευκολία με την χρήση δισδιάστατων σχεδίων AutoCAD και τρισδιάστατων δεδομένων σε ένα ψηφιακό μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί σαν μία εικονική αναπαράσταση του τελικού προϊόντος. Έτσι γίνεται καλύτερος σχεδιασμός για την προσομοίωση των προϊόντων χωρίς την ανάγκη για δημιουργία φυσικών πρωτοτύπων (11).

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα περιγράψουμε την παραγωγή μιας επαγγελματικής χοάνης εξάτμισης τοίχου (απορροφητήρας). Η εταιρία παράγει πολλά διαφορετικά μοντέλα χοανών:

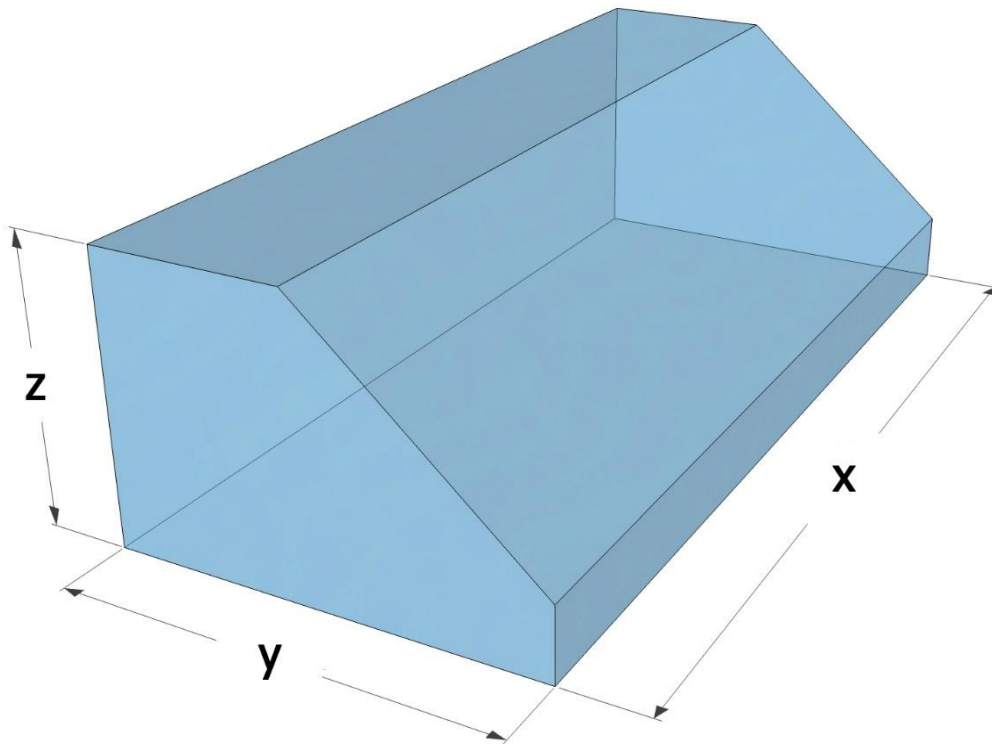
- Χοάνη Τοίχου
- Χοάνη Snak
- Χοάνη Ορθογώνια
- Χοάνη Κέτρου (Ορθογώνια)
- Χοάνη Κέντρου (Κεκλιμένη)

Η κάθε τύπου χοάνη ταιριάζει σε αντίστοιχη περίπτωση, ένας ειδικός θα επιλέξει ποιος είναι κατάλληλος τύπος σε συνδυασμό με παραμέτρους, όπως η θέση, οι διαστάσεις, οι διατομές των εισόδων και εξόδων, το ύψος τοποθέτησης και πολλές ακόμα οι οποίες είναι μοναδικές για κάθε επαγγελματικό χώρο.

Οι χοάνες κατασκευάζονται συνήθως από απλό ανοξείδωτο χάλυβα, πάχους 0,8mm. Σε ορισμένες περιπτώσεις ανάλογα με την παραγγελία του πελάτη κατασκευάζονται από μαγνητικό χάλυβα μεγαλύτερου πάχους.

Για την κατασκευή χοάνης τοίχου χρησιμοποιείται ωστενιτικό ανοξείδωτο χάλυβα κατηγορίας A-304 και A-304 L/(1.4301). Ο συγκεκριμένος τύπος χάλυβα είναι ένας ισχυρός ωστενιτικός ανοξείδωτος χάλυβας με περιεκτικότητα 18% Χρώμιο και 8% Νικέλιο. Προσφέρει ιδιαίτερα σημαντικές δυνατότητες στην συγκόλληση και στην μορφοποίηση και ταυτόχρονα μεγάλη αντίσταση στην οξείδωση και μηχανική αντοχή (11).





Εικόνα 12: Χοάνη τοίχου. 3 άξονες. Όπου z είναι το ύψος, y είναι το βάθος και x το μήκος.

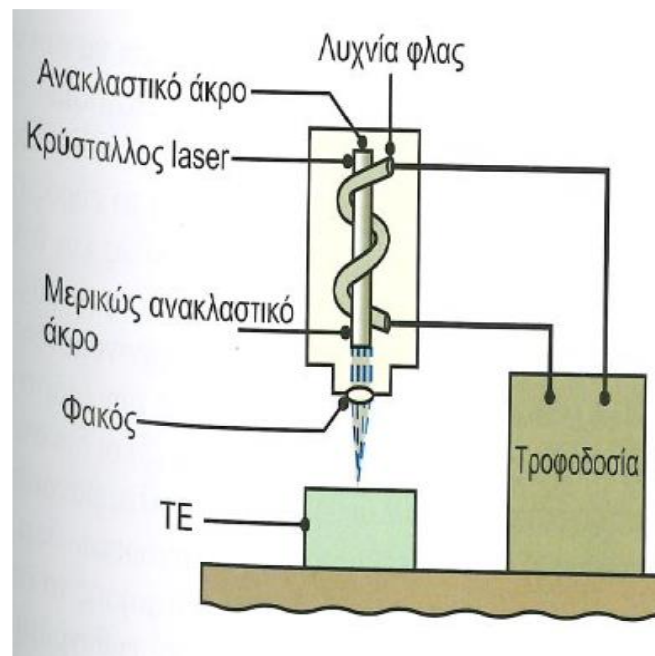
### 3.4 Κοπή με λέιζερ

Μια από τις πρώτες βιομηχανικές διεργασίες ήταν η κοπή με Laser, η οποία στην σημερινή εποχή είναι μια από τις πιο συχνές και διαδεδομένες διεργασίες στον βιομηχανικό τομέα. Οι βασικές αιτίες, οι οποίες επέφεραν ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών κοπής με Laser, είναι η άριστη ποιότητα της κοπής και η ταχύτητα αυτής.

Η κοπή με λέιζερ υπήρξε η πρώτη βιομηχανική διεργασία στην οποία χρησιμοποιήθηκαν τα λέιζερ και σήμερα αποτελεί μία από τις πλέον διαδεδομένες εφαρμογές τους στη

βιομηχανία. Οι βασικοί λόγοι που οδήγησαν στην πληθώρα εφαρμογών κοπής με λέιζερ είναι η ταχύτητα και η ποιότητα κοπής.

Στην κοπή με λέιζερ η πηγή ενέργειας είναι ένα laser, το οποίο επικεντρώνει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια στην επιφάνεια του τεμαχίου.



Εικόνα 13: Κατεργασία κοπής με δέσμη λέιζερ

Η εξαιρετικά εστιασμένη, υψηλής πυκνότητας πηγή ενέργειας τήκει και εξατμίζει τμήματα του τεμαχίου με ελεγχόμενο τρόπο. Αυτή η κατεργασία, η οποία δεν απαιτεί κενό, χρησιμοποιείται για κατεργασία ποικίλων μεταλλικών και μη-μεταλλικών υλικών.

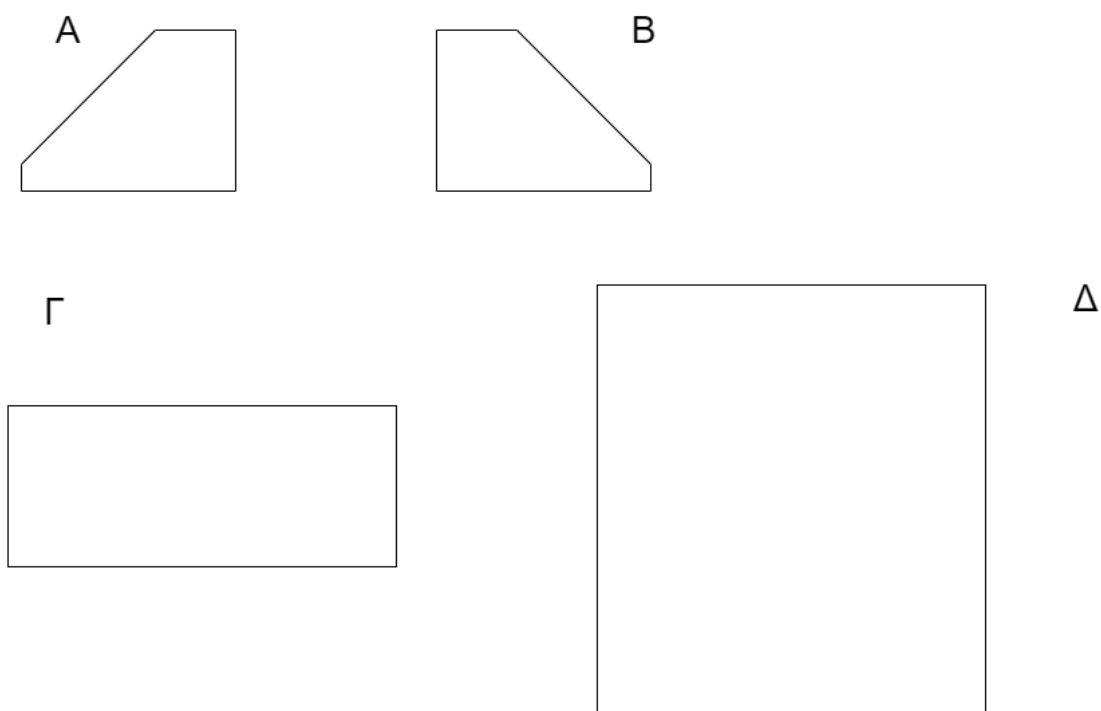
Υπάρχουν αρκετοί τύποι laser, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις κατεργασίες.

<b>Γενικές εφαρμογές των laser σε περιβάλλοντα παραγωγής</b>	
<b>Εφαρμογή</b>	<b>Τύπος Laser</b>
<b>Κοπή</b>	
Μετάλλων	PCO <sub>2</sub> , CWCO <sub>2</sub> , Nd:YAG, ρουβιδίου
Πλαστικών	CWCO <sub>2</sub>
Κεραμικών	PCO <sub>2</sub>
<b>Διάτρηση</b>	
Μετάλλων	PCO <sub>2</sub> , Nd:YAG, Nd:γυαλί νεοδυμίου, ρουβιδίου
Πλαστικών	Excimer
<b>Σήμανση</b>	
Μετάλλων	PCO <sub>2</sub> , Nd:YAG
Πλαστικών	Excimer
Κεραμικών	Excimer
<b>Επιφ. κατεργασία</b>	CWCO <sub>2</sub>
<b>Συγκόλληση</b>	
Μετάλλων	PCO <sub>2</sub> , CWCO <sub>2</sub> , Nd:YAG, Nd:γυαλί νεοδυμίου, ρουβιδίου, διόδων
Πλαστικών	Διόδων, Nd:YAG
Λιθογραφία	Excimer

Πίνακας 1: Τύποι laser που χρησιμοποιούνται στις κατεργασίες

Σημαντικές φυσικές παράμετροι στην κοπή με λέιζερ είναι η ανακλαστικότητα και η θερμική αγωγιμότητα της επιφάνειας του τεμαχίου και η ειδική θερμοχωρητικότητα και λανθάνουσα θερμότητα τήξης και εξατμίσσης. Όσο χαμηλότερα είναι αυτά τα μεγέθη, τόσο αποτελεσματικότερη και αποδοτικότερη είναι η κατεργασία (1).

Η εταιρία διαθέτει ένα σύγχρονο λέιζερ κοπής, το οποίο είναι στερεωμένο στο πάτωμα με κοχλίες για την αποφυγή εκτινάξεων ή μετακινήσεων, λόγω των δυνάμεων κοπής. Το κοπτικό λέιζερ έχει μια σταθερή κλίνη-τραπέζι για το υλικό κοπής, με την κεφαλή της δέσμης λέιζερ να κινείται προς τις παραπάνω κατευθύνσεις X και Y. Το κινούμενο υλικό λειτουργεί με τη δοκό σε σταθερή θέση και το υλικό να κινείται προς τις κατευθύνσεις X και Y από κάτω.



Εικόνα 14: Σχηματική απεικόνιση τεμαχίων

Για την κατασκευή της χοάνης τοίχου απαιτείται η κοπή 4 τεμαχίων (δύο πλαϊνών, ενός οπίσθιου και ενός εμπρόσθιου τεμαχίου) και το άνοιγμα 2 οπών για την έξοδο του αέρα. Ο ανοξείδωτος χάλυβας, πάχους 0,8 mm, έρχεται είτε σε μορφή ρολού είτε σε μορφή φύλλου-πλάκας. Πριν τη μηχανή κοπής υπάρχει ένα ισιωτικό μηχάνημα απ' όπου περνάει η άκρη της κουλούρας της λαμαρίνας για να αποφευχθούν οι τσακίσεις και καταλήγει στο τραπέζι του μηχανήματος κοπής.

Η κοπή με λέιζερ χρησιμοποιεί μια λεπτή δέσμη laser, η οποία ακολουθεί το προσχεδιασμένο μοτίβο για να κόψει το τεμάχιο στο επιθυμητό σχήμα. Η δέσμη ακτινοβολίας διέρχεται μέσα από ένα τζαμάκι-κάτοπτρο. Η επιφάνεια κοπής γίνεται εξαιρετικά επίπεδη και δεν χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία (λείανση). Ένα πήλινο μικρό πλακάκι είναι τοποθετημένο πριν τη μύτη της μηχανής για να διατηρεί τη θερμοκρασία.

Αναλυτικότερα:

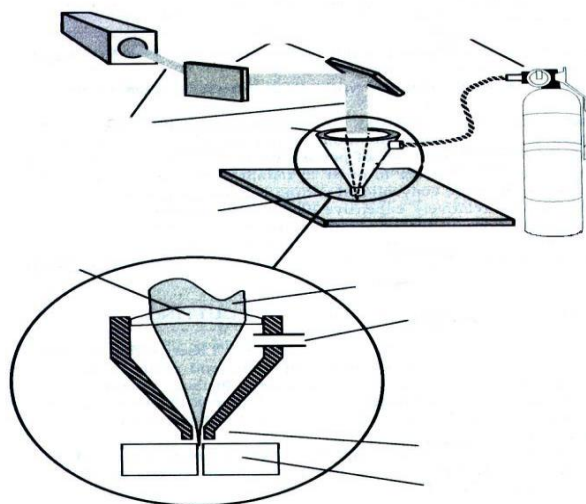
Μια γεννήτρια δημιουργεί το λέιζερ, δηλαδή μια μονοχρωματική ενισχυμένη ακτινοβολία φωτός. Αφού παραχθεί η συγκεκριμένη ακτινοβολία διέρχεται από σωληνώσεις μέσα στους οποίους υπάρχει υλικό ενίσχυσης, το οποίο συμβάλει στην αύξηση της ισχύος της

ακτινοβολίας. Υπάρχουν κάτοπτρα, προκειμένου το πιο μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας να επαναλαμβάνει την ίδια διαδρομή με αποτέλεσμα την αύξηση κάθε φορά της ισχύος. Κάποιο ποσοστό της ακτινοβολίας που επανειλημμένα κάνει την ίδια διαδρομή, περνάει μέσα από μιας μικρής διάστασης τρύπα που είναι στο κέντρο του καθρέφτη, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η τελική ακτίνα λέιζερ υψηλής ενέργειας (11).

Η εστιασμένη δέσμη οδηγείται στον υπό κοπή ανοξειδωτο χάλυβα με αέριο. Το αέριο χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της διαδικασίας. Το εν λόγω αέριο είναι πεπιεσμένος αέρας, το οποίο εξαιτίας της δυνατής ροής του βοηθάει στην απομάκρυνση του λειωμένου υλικού από το σημείο κοπής και τους ατμούς που δημιουργούνται. Με τον τρόπο αυτό ενισχύει την απορρόφηση αλλά και συμβάλλει στο να εισέρχεται η εστιασμένη δέσμη στα πιο βαθιά στρώματα του υπό κοπή υλικού.

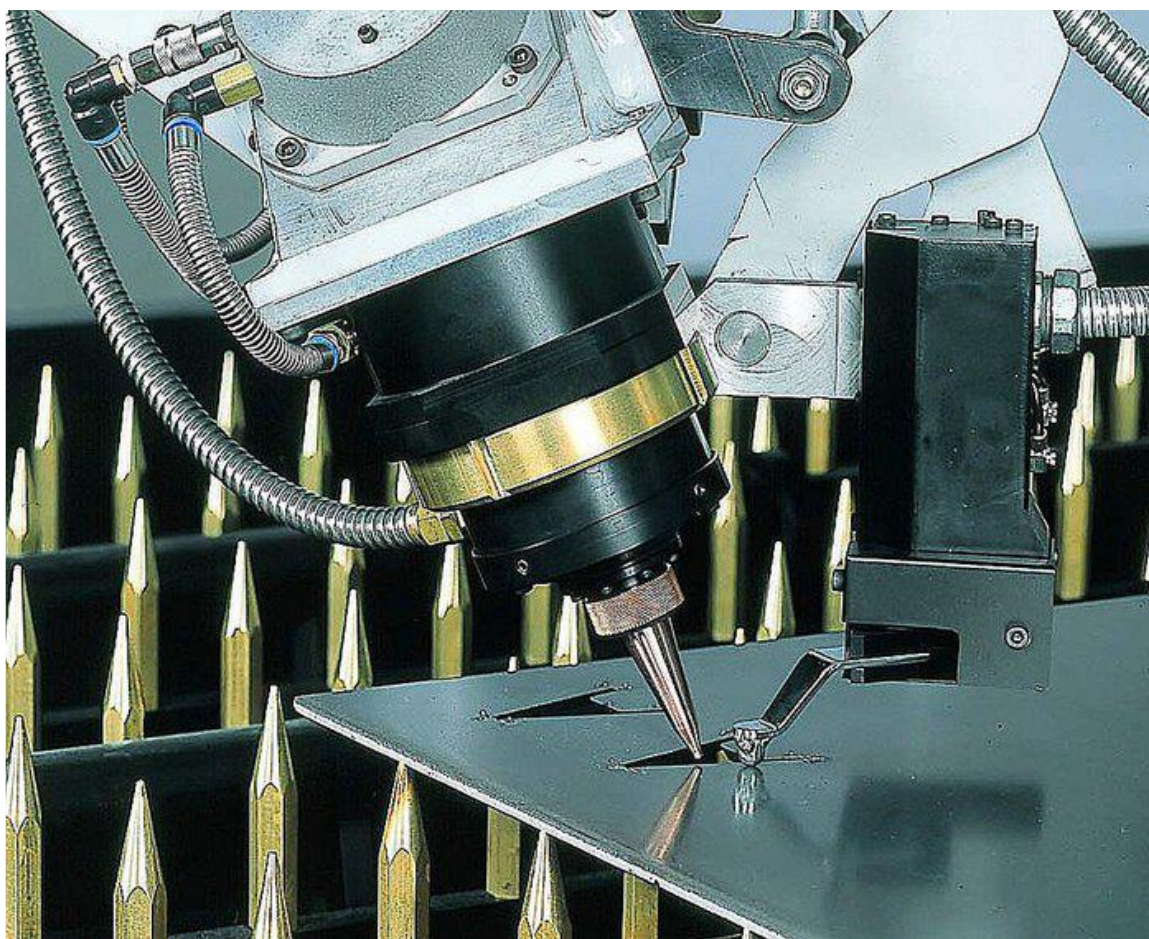
Η εταιρία χρησιμοποιεί δύο είδη αερίων:

- Με οξυγόνο για παχύτερα τεμάχια (από 2 mm και πάνω) και καλύτερη ποιότητα κοπής
- Με πεπιεσμένο αέρα από κοφλέρ για την κοπή τεμαχίων λεπτού πάχους και για χαμηλότερο κόστος κοπής



Εικόνα 15: Κοπή με λέιζερ

Ως μέθοδος κοπής με λέιζερ χρησιμοποιείται η κοπή με λιώσιμο υλικού και απομάκρυνση αυτού. Η ακτινοβολία έχει ασθενέστερη ένταση από την αντίστοιχη που χρειάζεται σε άλλες μεθόδους. Υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται ως το σημείο τήξης του ανοξειδωτού χάλυβα και το λειωμένο υλικό απομακρύνεται από την τομή που δημιουργεί το με ισχυρή ροή αερίου. Κατά συνέπεια, η εστιασμένη δέσμη laser είναι συνεχόμενα σε επαφή με το προς κοπή υλικό και το λιώσιμο του υλικού και η απομάκρυνση αυτού συνεχίζεται μέχρι το υλικό να κοπεί. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της διαδικασίας είναι η χρήση σημαντικά πιο μικρής ισχύος, περίπου στο 1/10, από αυτή που χρειάζεται άλλες μέθοδοι κοπής (π.χ. στην κοπή με εξάχνωση).



Εικόνα 16: Κοπή με λέιζερ

Αναλυτικότερα, καθώς χειριζόμαστε την εργαλειομηχανή κοπής, επιτυγχάνουμε τα εξής:

α) Εξαιτίας του μικρότερου πλάτους κοπής είναι πολύ μικρό γίνεται οικονομία στο υλικό. Οι αιχμές του τεμαχίου είναι τετραγωνισμένες, λείες και καθαρές που σημαίνει ότι αποφεύγεται η μετέπειτα επεξεργασία. Η περιοχή στην οποία επιδρά η θερμοκρασία είναι ιδιαίτερα μικρής διάστασης και κατά συνέπεια οι παραμορφώσεις του υλικού που γειτνιάζει είναι κι αυτές πολύ μικρές.

β) Η διεργασία είναι πολύ γρήγορη και σχεδόν αθόρυβη και μπορούμε με ευκολία να αλλάξουμε διεύθυνση.

Το σημαντικό είναι να έχουμε οπτική επαφή με το υλικό.

Σε ρυθμίσεις όπως η θέση εστίασης, η ισχύς, η διατομή της δέσμης, η θερμοκρασία, η ταχύτητα κίνησης υλικού κ.ά. γίνεται έλεγχος διαρκώς σε αληθινό χρόνο και επαναρυθμίζονται προκειμένου να καθοδηγείται πλήρως η επεξεργασία του υλικού και να επιτυγχάνονται τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Υπάρχουν χειροκίνητες ρυθμίσεις μέσω ροοστάτη και ρυθμίσεις μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Οι χειροκίνητες ρυθμίσεις που γίνονται αφορούν το κεντράρισμα της δέσμης ανάλογα με το τεμάχιο. Οι ρυθμίσεις μέσω Η/Υ αφορούν το ύψος της κεφαλής – την απόσταση από το τεμάχιο-, την ποσότητα του αερίου, τη δέσμη της ακτινοβολίας κλπ.

Θα πρέπει πάντα να θυμόμαστε τις εξής παραμέτρους:

- Την κοπή επηρεάζουν οι διαστάσεις της διατομής της εστιασμένης δέσμης. Μια μικρής διάστασης διατομή έχει ως αποτέλεσμα ισχυρή ένταση ακτινοβολίας που δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλων ταχυτήτων κοπής καθώς και οπών ακριβείας. Ακόμη και ο ρυθμός ταλάντωσης του laser επηρεάζει την ποιότητα κοπής.
- Η κοπή με laser επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Μικρού μεγέθους μήκη κύματος συμβάλλουν στην ισχυρή εστίαση και στην απορρόφηση της ακτινοβολίας.
- Με κριτήρια, όπως η άριστη ποιότητα κοπής και η έλλειψη οξειδίων και τραχύτητας από την επιφάνεια, πρέπει να γίνεται η επιλογή της ταχύτητας κοπής. Σε αυτό βοηθάει η εξισορρόπηση της εισερχόμενης ισχύος και της ταχύτητας συνυπολογίζοντας και το πάχος του υλικού.

Πολλά είναι τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου είδους κοπής, όπως η μεγάλη ακρίβεια, η καλή ποιότητα κοπής, η υψηλή ταχύτητα κοπής καθώς και η ιδιαίτερα μικρή εφαρμογή θερμότητας.

Το υλικό που απομακρύνεται μετά την κοπή του τεμαχίου είναι το απόβλητο ή ρετάλι ή γρέζι και έχει, ανάλογα με τις συνθήκες κατεργασίας, διαφορετικές μορφές.

Το αν το απόβλητο που παράγεται είναι συνεχές ή μη συνεχές εξαρτάται τόσο από τον βαθμό παραμόρφωσης όσο και από την αντοχή σε διάτμηση του ανοξειδωτου χάλυβα.

Αυτό που είναι επιθυμητό είναι το συνεχόμενο απόβλητο, μιας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε μετά από νέα κοπή να προκύψει ένα νέο τεμάχιο και να μην καταλήξει εξ ολοκλήρου στην ανακύκλωση.

Το μη συνεχόμενο απόβλητο επιτυγχάνεται με το περιοδικό σπάσιμο του αποβλήτου καθώς περνάει από την ζώνη διάτμησης. Ένα τέτοιου είδους απόβλητο προκύπτει όταν έχουμε ιδιαίτερα χαμηλή ταχύτητα κοπής, σε μεγάλες προώσεις ή σε κοπή με εργαλεία με μικρές γωνίες αποβλήτου.



Εικόνα 17: Κοπή μεταλλικού ελάσματος με δέσμη laser



Για την κοπή με laser δίνονται γενικές οδηγίες σχεδιασμού:

- Απότομες γωνίες θα πρέπει να αποφεύγονται, επειδή δύσκολα μπορούν να παραχθούν / δημιουργηθούν.
- Βαθιές κοπές θα παράγουν κωνοειδή τοιχώματα.
- Θαμπές και μη-στιλβωμένες επιφάνειες είναι προτιμητέες.
- Μπορούν να υπάρξουν αρνητικές επιδράσεις στις ιδιότητες των κατεργασμένων υλικών, οι οποίες προκαλούνται από τις υψηλές τοπικές θερμοκρασίες και τη θερμοεπηρεασμένη ζώνη.

### 3.5 Στραντζάρισμα με στράντζα CNC

Η εταιρία διαθέτει μια υπερσύγχρονη μηχανή διαμορφώσεως λαμαρίνας τύπου CNC Στράντζα ώστε να μπορεί να προσφέρει την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα του αποτελέσματος. Παράλληλα, με την χρήση ειδικού software πραγματοποιείται η εκ των προτέρων εξομοίωση των κάμψεων σε υπολογιστή με αποτέλεσμα την ακρίβεια από το πρώτο τεμάχιο. Επίσης ο εξοπλισμός της μηχανής με anti-deflection table εγγυάται κάμψεις με μοίρες ίδιες σε όλο το φάσμα του προϊόντος ανεξαρτήτως πάχους και μήκους. Ταυτόχρονα διαθέτει μεγάλη γκάμα σε καλούπια για ειδικές διαμορφώσεις.



Εικόνα 18: Στραντζαρισμένο τεμάχιο



Εικόνα 19: Στραντζαρισμένα τεμάχια

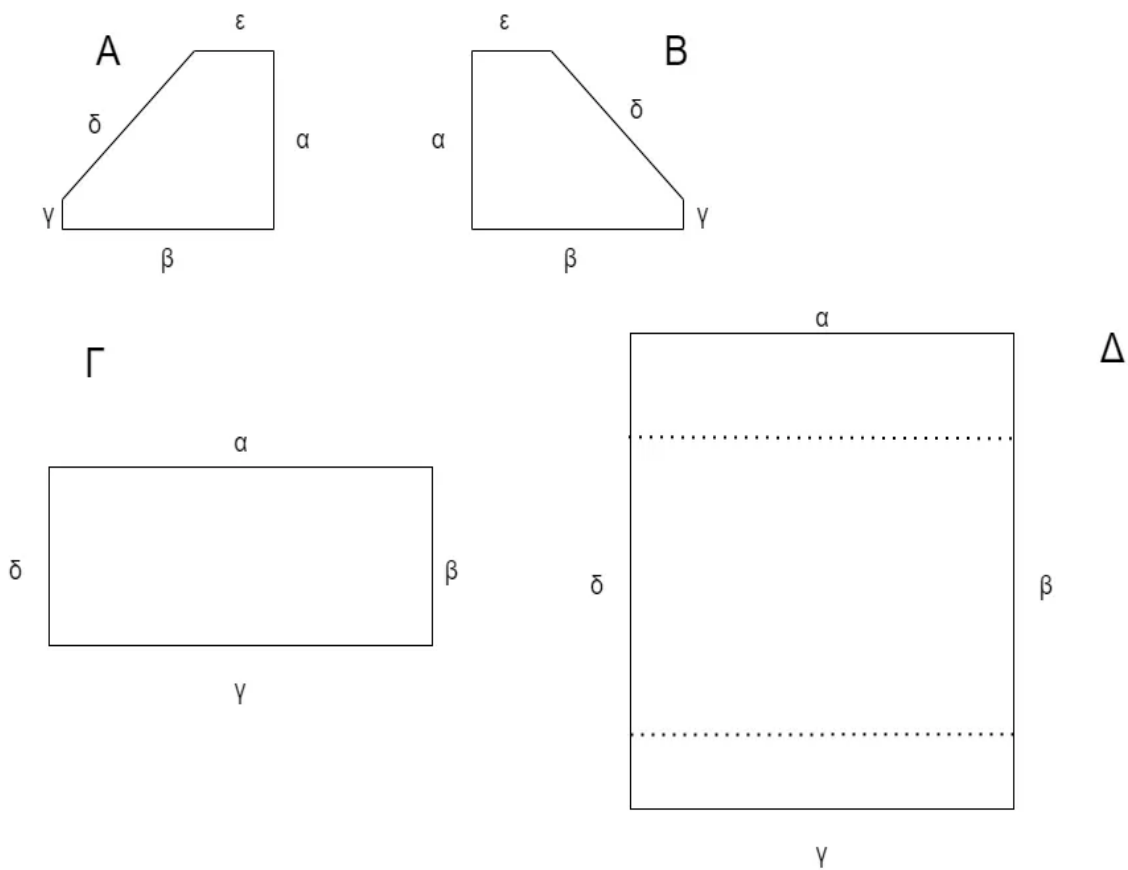
Η μηχανή μπορεί να διαμορφώσει λαμαρίνες έως 4,00m, κάθε είδους σχήματος, σε οποιαδήποτε γωνία από 0 έως 180<sup>0</sup> με απόλυτη ακρίβεια.

Τα κομμάτια μπορούν να παραχθούν σε ποικιλόμορφα σχήματα, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες και τις ανάγκες του υπό κατασκευή προϊόντος.

Προκειμένου να γίνουν στη συνέχεια οι συνδέσεις των τεμαχίων, στρατζάρονται οι ακόλουθες πλευρές κάθε τεμαχίου (όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα):

- Στο τεμάχιο Α: Αα, Αε, Αδ, Αγ
- Στο τεμάχιο Β: Βα, Βε, Βδ, Βγ
- Στο τεμάχιο Γ: Γα, Γβ, Γδ

- Στο τεμάχιο  $\Delta$ :  $\Delta\alpha$ ,  $\Delta\beta$ ,  $\Delta\delta$  καθώς και τα διακεκομμένα ευθύγραμμα τμήματα όπου θα γίνουν τα σπασίματα-στραντζαρίσματα του εμπρόσθιου συνεχόμενου τεμαχίου, προκειμένου να μην διαιρείται σε 3 μικρότερα τεμάχια εξοικονομώντας χρόνο, ενέργεια, υλικά που θα προέκυπταν λόγω των περισσότερων κοπών, στρατζαρίσματος, συνδέσεων και συγκολλήσεων.



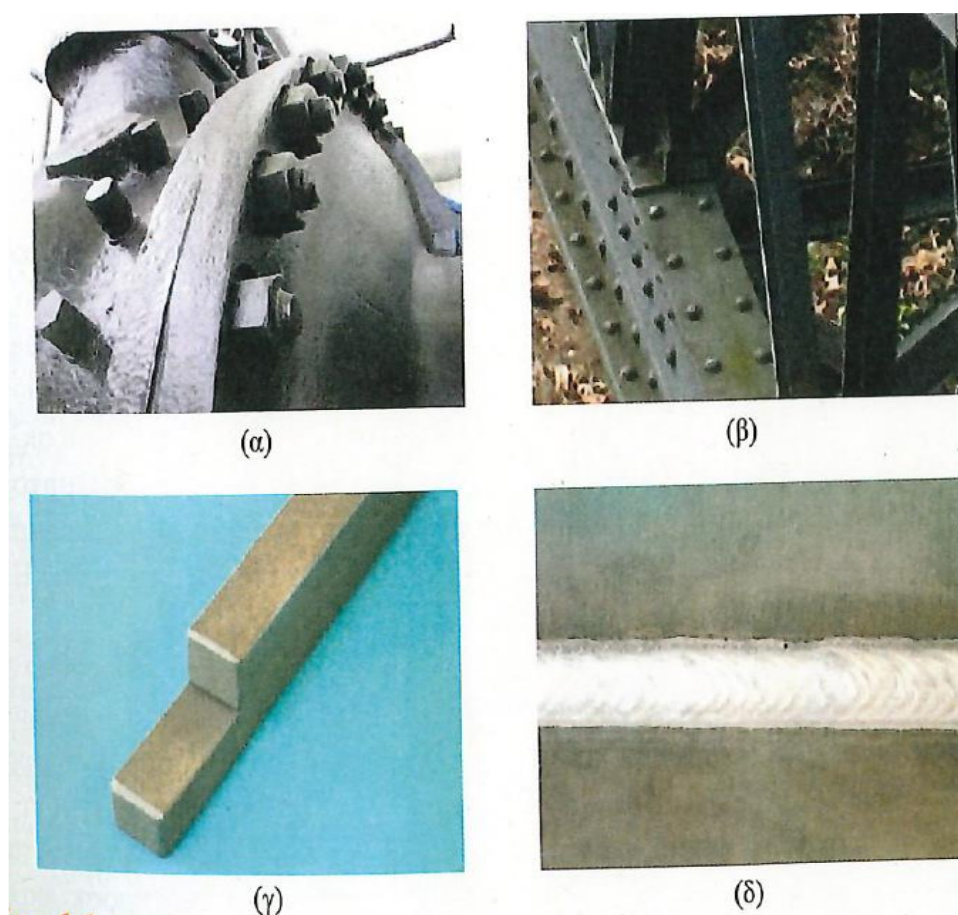
Εικόνα 20: Απεικόνιση των πλευρών των τεμαχίων προς στραντζάρισμα

## 3.6 Συγκόλληση

### 3.6.1 Γενικά

Τις περισσότερες φορές προκειμένου να παραχθεί ένα πολύπλοκο μεταλλικό προϊόν υπάρχει ανάγκη σύνδεσης διαφορετικών κομματιών. Η σύνδεση αυτή μπορεί να είναι μηχανική, με κοχλιώσεις, ηλώσεις κ.λπ. είτε κολλητική είτε μεταλλουργική.

Η συγκόλληση είναι η «κόλληση» δύο ή και περισσότερων μεταλλικών κομματιών είτε με θερμότητα είτε με πίεση είτε και με τον συνδυασμό και των δύο παραπάνω, προκειμένου να δημιουργηθεί μία συνέχεια, δηλαδή ένα ενιαίο τεμάχιο.



Εικόνα 21: Συνδέσεις μεταλλικών τεμαχίων με: α) κοχλιώσεις, β) ηλώσεις, γ) κόλλα δ) συγκόλληση

Τα πλεονεκτήματα των συγκολλήσεων έναντι των μηχανικών συνδέσεων (κοχλιώσεων και ηλώσεων) είναι τα εξής:

- Βελτίωση αντοχής της σύνδεσης (στις συγκολλήσεις είναι δυνατό να προσεγγίσουμε μέχρι και το 100% της αντοχής του μετάλλου)
- Πλήρης στεγανότητα της συγκόλλησης (υδατοστεγανότητα και αεροστεγανότητα)
- Οικονομία υλικού και κατά συνέπεια πιο ελαφριές κατασκευές
- Κανένας περιορισμός πάχους στα υπό σύνδεση ελάσματα και συνεπώς μεγάλη ποικιλία γεωμετριών
- Απλούστευση κατασκευών (στις ηλώσεις απαιτούνται πολυπλοκότερες διαμορφώσεις) και συνεπώς πιο απλός σχεδιασμός.
- Μείωση του χρόνου παραγωγής και οικονομία στο κόστος κατασκευής
- Μείωση ηχορύπανσης

Υπάρχουν όμως και κάποια μειονεκτήματα των συγκολλήσεων, μεταξύ των οποίων είναι τα ακόλουθα:

- Δυσχέρεια στην σύλληψη τυχόν ρωγμών (στην σύνδεση με ηλώσεις μια ρωγμή μπορεί να είναι εύκολα ορατή σε αντίθεση με τις συγκολλήσεις που μια ρωγμή δεν είναι πάντοτε ορατή)
- Πιθανότητα να δημιουργηθούν σφάλματα λόγω κακής συγκόλλησης
- Δυσχέρεια στη συγκόλληση κάποιων κραμάτων (χάλυβες υψηλής αντοχής, τιτάνιο, κ.λπ.)
- Μη αξιοπιστία των μη καταστρεπτικών ελέγχων συγκολλήσεων κατά 100%
- Μη αντιστρεπτές συνδέσεις
- Απαιτούν εξειδικευμένους τεχνίτες-συγκολλητές
- Η υλοποίησή τους μπορεί να προϋποθέτει προθέρμανση ή μεταθέρμανση των συγκολλήσεων (10).

### **3.6.2 Συγκολλήσεις Χάλυβα**

Ένας χάλυβας συγκολλάται ευκολότερα όσο μεγαλύτερη ικανότητα συγκολλητότητας έχει, η οποία εξαρτάται από το πόσο άνθρακα περιέχει ο χάλυβας. Οι χάλυβες οι οποίοι περιέχουν

άνθρακα σε ποσοστό 0.25% συγκολλούνται με σχετική ευκολία (το ποσοστό άνθρακα στον ανοξειδωτο χάλυβα είναι συνήθως μεταξύ 0,03% και 1,2%). Αν ένας χάλυβας περιέχει άνθρακα σε ποσοστό περισσότερο από 0.25%, τότε η συγκόλλησή του γίνεται σε με ειδικές συνθήκες. Οι χάλυβες με περιεκτικότητα σε άνθρακα περισσότερο από 0.25% είναι απαραίτητο για να συγκολληθούν πρώτα να γίνει η προθέρμανσή τους στους 425°C. Οι χάλυβες που περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό πυρίτιο, μαγγάνιο, θείο και φώσφορο η συγκόλλησή τους είναι δύσκολη. Ενώ οι χάλυβες με περιεκτικότητα σε χαλκό, νικέλιο, χρώμιο, μολυβδαίνιο και βανάδιο που το ποσοστό τους δεν είναι πάνω από 10% είναι ευκολότερο να συγκολληθούν και όπως προαναφέρθηκε, χαρακτηριστικό του Ανοξειδωτου Χάλυβα είναι η υψηλή περιεκτικότητα σε χρώμιο. Η περιεκτικότητα χρωμίου περίπου στο 10% του ανοξειδωτου χάλυβα συμβάλλει στην ενίσχυση της αντοχής του στη διάβρωση (5). Έτσι, με την κατάλληλη τεχνική και την εφαρμογή των γνώσεων, η συγκόλληση του ανοξειδωτου χάλυβα μπορεί να γίνει με ευκολία. Ακόμη και συγκόλληση ανοξειδωτων χαλύβων με σύνθετη χημική σύνθεση μπορεί να γίνει με ευκολία. Ο ανοξειδωτος χάλυβας συγκολλάται όπως όλοι οι χάλυβες, δηλαδή με ηλεκτρόδιο , με αυτογενή συγκόλληση, με αυτόματη μηχανή (MIG) και με τη μέθοδο TIG.

Βασική προϋπόθεση για να συγκολληθεί ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι να ξέρουμε τον βαθμό συγκόλλησής του. Αρκετοί φερριτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες συγκολλούνται εύκολα. Το ίδιο και οι ωστενιτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες. Αντίθετα οι μαρτενσιτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες συγκολλούνται πιο δύσκολα εξαιτίας της μεγάλης τους σκληρότητας και της ευθραυστότητάς τους. Η εταιρία, όταν χρησιμοποιεί μαγνητικό χάλυβα, χρησιμοποιεί συνήθως φερριτινικό ανοξειδωτο χάλυβα.

Η ενδοκοκκώδης διάβρωση είναι μια βασική παράμετρος για την συγκολλησιμότητα ανοξειδωτων χαλύβων. Αν οι ανοξειδωτοι χάλυβες βρεθούν σε μεγάλες θερμοκρασίες, σαν αυτές της συγκόλλησης, τότε το χρώμιο του χάλυβα είναι δύσκολο να συνδεθεί με τον άνθρακα.

Συνεπώς δεν προκύπτει σχηματισμός στρώματος οξειδίου του χρωμίου και το οξυγόνο μπορεί να συνδυαστεί με τον σίδηρο από ανοξειδωτο χάλυβα, ενισχύοντας τη διάβρωση. Αρκετές μέθοδοι μπορούν να συμβάλλουν στην αποτροπή αυτού.

Μια άλλη μέθοδος για να αποτραπεί η ενδοκοκκώδης διάβρωση είναι η χρήση ανοξειδωτων χαλύβων που περιέχον μικρό ποσοστό άνθρακα. Στην προκειμένη περίπτωση η εταιρία χρησιμοποιεί χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα (21).

Βασική προϋπόθεση για τη διατήρηση της ισορροπίας της δομής του μετάλλου είναι η χρήση των κατάλληλων κατά περίπτωση ηλεκτροδίων.

Για να συγκολληθεί ένα υλικό τύπου 304 χρησιμοποιείται ηλεκτρόδιο τύπου 308, το οποίο έχει διαφορετική κραματική σύνθεση ως προς το μέταλλο βάσης, το 304.

Ως πρωταρχικός ανοξειδωτος χάλυβας, λαμβάνεται ο 304. Σε αυτόν αφαιρούνται προσθέτοντας ή αφαιρώντας τα διάφορα κραματικά στοιχεία για τη δημιουργία των υπόλοιπων ανοξειδωτων χαλύβων.

Για παράδειγμα:

304+Μολυβδαίνιο (Mo) = 316

304+Χρώμιο(Cr)+Νικέλιο(Ni)=309

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω είναι αντιληπτό πόσο ιδιαίτερα σημαντική είναι η χρήση της κατάλληλης ποιότητας ηλεκτροδίων για κάθε εφαρμογή. Εξαιτίας μιας λανθασμένης επιλογής είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ένα υλικό που να είναι ακατάλληλο για την συγκεκριμένη εφαρμογή.

Στην ταυτότητα ενός ηλεκτροδίου εμφανίζονται διάφορες πληροφορίες.

Παράδειγμα: ηλεκτρόδιο τύπου 308L χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις με θερμοκρασία λειτουργίας έως 800ο C, αντίθετα ηλεκτρόδιο τύπου 308H (με πιο μεγάλη περιεκτικότητα σε άνθρακα) χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις με θερμοκρασία λειτουργίας και πάνω 1000ο C.

Ανάλογα την πάστα που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρόδια για ανοξειδωτους χάλυβες κατηγοριοποιούνται σε τρία διαφορετικά είδη:

1. βασικά ηλεκτρόδια
2. ηλεκτρόδια ρουτιλίου
3. ηλεκτρόδια κυτταρίνης.

Αντίστοιχα οι ωστενιτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες ως προς την περιεκτικότητά του σε Ni κατηγοριοποιούνται σε 2 σειρές:

1. Σειρά 300 με περιεκτικότητα σε Ni τουλάχιστον 9%, προκειμένου να σταθεροποιηθεί ωστενίτης. Στη σειρά αυτή υπάγεται ο 304, ο 316 κ.ά.
2. Σειρά 200 με μέγιστη περιεκτικότητα σε Ni 9%. Στη σειρά αυτή υπάγεται ο 201, ο 204L, 216 κ.ά.

Η μέγιστη ποσότητα C στη σύσταση των ανοξείδωτων ωστενιτικών χαλύβων δύναται να είναι το ανώτατο ως 0,15%. Πολλές φορές συναντάμε ένα είδος ανοξείδωτου χάλυβα που συμβολίζεται με το λατινικό γράμμα L, ο οποίος χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί υλικό με μικρή περιεκτικότητα C. Παράδειγμα: το υλικό 304 έχει περιεκτικότητα C 0,08% αλλά το 304L έχει περιεκτικότητα C 0,03%. Το υλικό 304L έχει καλύτερη αντιδιαβρωτική ικανότητα αλλά χαμηλότερη μηχανική αντοχή από το 304 (19).

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται ευρέως για τη συγκόλληση ανοξείδωτου χάλυβα είναι η συγκόλληση τόξου με ηλεκτρόδιο βολφραμίου και προστασία αερίων, κυρίως για λεπτά ελάσματα και η μέθοδος MIG-GMAW, δηλαδή η συγκόλληση τόξου με χρήση τηκόμενου ηλεκτροδίου και για προστασία αέριο για μεγαλύτερου πάχους διατομές. Και στις δύο περιπτώσεις γίνεται χρήση αργού (ελάχιστης καθαρότητας 99,95%) ως αέριο προστασίας, καθώς είναι πιο βαρύ και πιο φθινό σε σχέση με το ήλιο. Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μίγματα αργού και ηλίου. Εκτός αυτών των κύριων τεχνικών χρησιμοποιείται και η σημειακή συγκόλληση αντίστασης-ηλεκτροπόντα.

### **3.6.3 Σημειακή συγκόλληση αντίστασης (Ηλεκτροπόντα)**

Αρχικά για την σύνδεση των 4 τεμαχίων της χοάνης γίνεται το ποντάρισμα, δηλαδή ηλεκτροσυγκόλληση.

Αυτογενής συγκόλληση είναι η ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση είναι, γιατί γίνεται χωρίς μέταλλο πλήρωσης-συγκολλητικό υλικό. Τα κομμάτια που πρέπει να συγκολληθούν πιέζονται μεταξύ τους και λαμβάνουν ρεύμα υψηλής συχνότητας 1000 ~ 3000 Hz. Εξαιτίας της αντίστασης διέλευσης του ρεύματος που εμφανίζουν τα προς συγκόλληση κομμάτια γίνεται η συγκόλληση λόγω της μεγάλης θερμοκρασίας αυτών. Τα προς συγκόλληση κομμάτια δέχονται θερμότητα καθώς συμπιέζονται ανάμεσα σε 2 ηλεκτρόδια και έτσι επιτυγχάνεται η συγκόλληση (3).





Εικόνα 22: Διάταξη φορητής μηχανής συγκόλλησης με αντίσταση.

Η ηλεκτροραφή πραγματοποιείται αν οι εκκενώσεις ρεύματος γίνονται συχνά και περιοδικά ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται ράουλα για τη μεταφορά των προς συγκόλληση κομματιών.

Βασική προϋπόθεση για να συγκολληθούν δυο τεμάχια με αντίσταση είναι ο χρόνος συγκόλλησης καθώς και η πίεση των ηλεκτροδίων. Η επιλογή των συνθηκών συγκόλλησης γίνεται αναλόγως το υλικό και το πάχος των προς συγκόλληση τεμαχίων. Για την ηλεκτροσυγκόλληση τεμαχίων με αντίσταση γίνεται χρήση τις περισσότερες φορές διαφορετικών μορφών ηλεκτροδίων καθαρού χαλκού.

Η ηλεκτροπόντα είναι η πιο διαδεδομένη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης με αντίσταση. Συνήθως επιλέγονται οι σταθερές ποδοκίνητες ηλεκτροπόντες ποδοκίνητες και σε κάποιες περιπτώσεις οι φορητές (3).



Εικόνα 23: Σταθερή ποδοκίνητη ηλεκτροπόντα

Βασικές παράμετροι για την καλή ποιότητα μιας συγκόλλησης είναι η πίεση των ηλεκτροδίων, η ένταση του ρεύματος καθώς και η διάρκεια της ηλεκτροσυγκόλλησης. Προκειμένου να έχουν καλή επαφή τα προς συγκόλληση κομμάτια, τους ασκείται πίεση από τα ηλεκτρόδια ενώ στα κομμάτια που έχουν μεγάλη τραχύτητα ή δεν είναι καθαρά θα πρέπει να ασκείται μεγαλύτερη πίεση. Η ένταση του ρεύματος πρέπει ρυθμίζεται έτσι ώστε τα υλικά που πρέπει να συγκολληθούν να φτάσουν στην απαραίτητη θερμοκρασία, ενώ ο χρόνος της συγκόλλησης εξαρτάται κυρίως από το υλικό των τεμαχίων. Στην ουσία υπάρχει αλληλεπίδραση των τριών παραγόντων της συγκόλλησης και η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών συγκόλλησης γίνεται από την εμπειρία ή συμβουλευόμενοι ειδικούς πίνακες, όπως ο πίνακας που ακολουθεί:

Πάχος τεμαχίου (mm)	Ένταση ρεύματος (A)	Χρόνος (sec)	Πίεση (Kg)
1	5000-8800	0.1-0.4	90-270
1,5	6200-10600	0.2-0.7	140-380
2	7500-12000	0.3-1	195-500
2,5	8200-13500	0.4-1.5	250-640
3	9600-15000	0.6-2	275-790
4	9800-18000	1-3.5	320-1250
5	12000-22000	1.3-4.5	450-1700

Πίνακας 2: Συνθήκες συγκόλλησης σε ηλεκτροπόντα

#### Πλεονεκτήματα:

Η συγκόλληση αντίστασης σημείου παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων συγκολλήσεων, καθώς είναι:

- Ταχεία μέθοδος συγκόλλησης
- Μέθοδος που αυτοματοποιείται εύκολα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υψηλού ρυθμού μαζική παραγωγή
- Μέθοδος φιλική προς το περιβάλλον, με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις και με μικρή απαιτούμενη εξειδίκευση
- Μέθοδος κατά την οποία η θερμική ενέργεια περιορίζεται στην άμεση γειτνίαση της συγκόλλησης, με αποτέλεσμα η παραμόρφωση του συγκολλημένου τεμαχίου να είναι μικρή
- Μέθοδος χωρίς απαίτηση για χρήση υλικού προσθήκης.

#### Μειονεκτήματα:

Ανάλογα με το βαθμό αυτοματισμού, ο απαιτούμενος εξοπλισμός για συγκολλήσεις αντίστασης σημείου μπορεί να είναι πολύ ακριβός και πολύπλοκος. Η συντήρηση του εξοπλισμού απαιτεί εξειδικευμένους τεχνικούς. Κάποια από τα προς συγκόλληση μέταλλα

χρειάζονται ειδική προετοιμασία επιφάνειας πριν την εφαρμογή συγκόλλησης. Τέλος, μεγάλου πάχους ελάσματα (μεγαλύτερα των 3 mm) δεν είναι εύκολο να συγκολληθούν με τη μέθοδο αυτή.

### **3.6.4 Μέθοδος TIG (GTAW)**

Η διαδικασία της μεθόδου αυτής είναι περισσότερο χρονοβόρος, όμως αν πραγματοποιηθεί σωστά δίνει καλύτερη ποιότητα από τις υπόλοιπες μεθόδους συγκολλήσεων παρέχοντας εξαιρετική ποιότητα της τελικής επιφάνειας.

Το υλικό του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου της μεθόδου T.I.G. (Tungsten Inert Gas) είναι το Βολφράμιο (W) για τη δημιουργία του ηλεκτρικού τόξου. Για να ενισχυθούν οι ηλεκτρικές του ιδιότητες γίνεται πρόσθεση στοιχείων Th και Zr. Το εν λόγω ηλεκτρόδιο δεν καταναλώνεται, χρησιμοποιείται στην συγκόλληση προκειμένου να επιτευχθεί η διατήρηση του ηλεκτρικού τόξου. Το τόξο εμφανίζει πολύ μεγάλη σταθερότητα, λόγω του μη αναλίσκόμενου ηλεκτροδίου.

Αδρανές αέριο στην ηλεκτροσυγκόλληση T.I.G. γίνεται χρήση του Αργού (Ατομικό βάρος 40) ή του Ήλιου (Ατομικό βάρος 4) ή συνδυασμός αυτών. Το Ήλιο χρησιμοποιείται συνήθως λόγω της χαμηλής του τιμής. Το ήλιο απαιτεί μικρότερη παροχή, εξαιτίας του βάρους του, 1,33 φορές πιο βαρύ από τον αέρα. Η χρήση του Ήλιου είναι διαδεδομένη στις ΗΠΑ, χρειάζεται μεγαλύτερη τάση τόξου και διεισδύει περισσότερο, κατά συνέπεια γίνεται χρήση αυτού σε συγκολλήσεις μεγάλου πάχους διατομών.

Γίνεται χρήση του αερίου προκειμένου να προστατευθεί η συγκόλληση από τον ατμοσφαιρικό αέρα και πιο συγκεκριμένα από την αντίδραση του τηγμένου μετάλλου από το O και το A. Τέτοιου είδους αντιδράσεις τις περισσότερες φορές συμβάλλουν στον σχηματισμό πόρων και εγκλεισμάτων με αποτέλεσμα την εξασθένησή τους από την συγκόλληση. Στη συγκεκριμένη μέθοδο δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί πάστα με αποτέλεσμα την αποφυγή διάφορων προβλημάτων, όπως το να εγκλωβιστεί η πάστα στο σημείο της συγκόλλησης ή να πρέπει να καθαριστεί όταν ολοκληρωθεί η συγκόλληση.

Όπως ήδη προαναφέρθηκε, για να επιτύχει μια συγκόλληση με την συγκεκριμένη μέθοδο και να δώσει ένα καλής ποιότητας αποτέλεσμα είναι σημαντικό τα προς συγκόλληση

τεμάχια να έχουν καθαριστεί. Αρκετές φορές η διαδικασία γίνεται χωρίς προστιθέμενο υλικό συγκόλλησης αλλά μόνο με την τήξη των προς συγκόλληση τεμαχίων.

Η μέθοδος T.I.G. προϋποθέτει τα εξής:

- θερμότητα
- θωράκιση
- Μέταλλο πλήρωσης

Από το ηλεκτρόδιο βολφραμίου περνάει η θερμότητα προέρχεται από την ηλεκτρική ενέργεια σχηματίζοντας τόξο στο μέταλλο. Ένα αέριο που βρίσκεται σε συμπιεσμένη φιάλη διαχέεται στο σημείο της συγκόλλησης, προκειμένου να την προστατέψει από τον ατμοσφαιρικό αέρα, αυτή είναι η θωράκιση. Ένα σύρμα το οποίο βυθίζεται χειροκίνητα στο τόξο και τήκεται και αποτελεί το υλικό πληρώσεως. Τα βήματα της μεθόδου είναι απλά: αρχικά ο τεχνικός συγκόλλησης ανοίγει το αέριο, ξεκινά η ροή του αερίου και έτσι προστατεύεται από τον αέρα η περιοχή της συγκόλλησης. Μετά ο τεχνικός ανοίγει το ρεύμα και το ηλεκτρόδιο παράγει τόξο. Με τη δημιουργία του τόξου αρχίζει η τήξη των δύο τεμαχίων χάλυβα φτιάχνοντας ένα βαθούλωμα στο σημείο συγκόλλησης, τότε ο τεχνικός χρησιμοποιώντας το άλλο χέρι ξεκινά το γέμισμα της κοινής περιοχής με βοηθητικό σύρμα συγκόλλησης από χάλυβα μέχρι τη δημιουργία ενός ενιαίου κομματιού μετάλλου (21).

Για τη συγκόλληση των τεμαχίων της χοάνης χρησιμοποιούνται συνδυασμός των 5 βασικών συνδέσεων που είναι:

- Σύνδεση Συμβολής
- Σύνδεση με επικάλυψη
- Γωνιακή Σύνδεση
- Αυχενική σύνδεση T
- Σύνδεση ακμών

Η συγκεκριμένη μέθοδος συγκόλλησης παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Συγκόλληση ακριβείας, καθώς ο έλεγχος της θερμότητας του τόξου είναι ανεξάρτητος από τον έλεγχο της προσθήκης του μετάλλου πλήρωσης. Επομένως, προσφέρει υψηλής ποιότητας, ισχυρής σύνδεσης και ευπαρουσίαστες συγκολλήσεις.

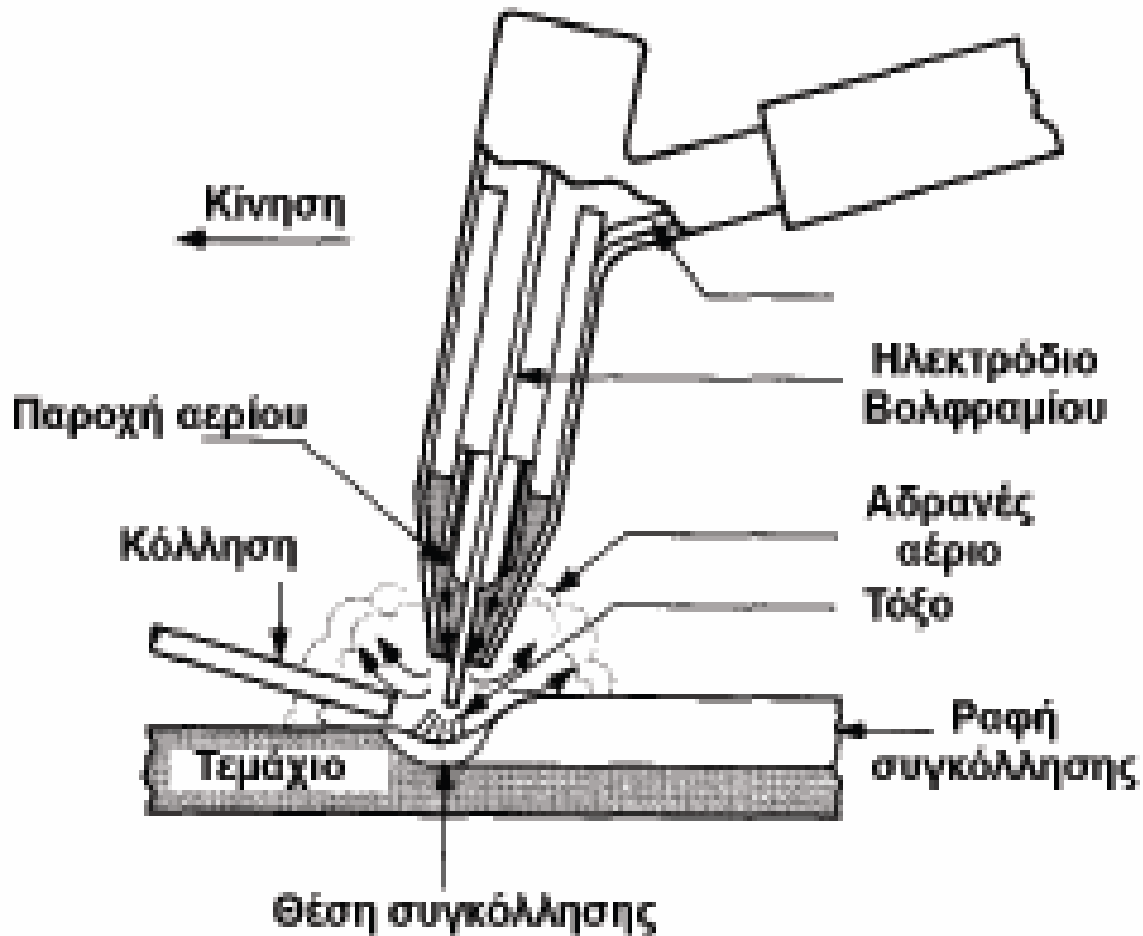
- Καθαρή διαδικασία. Έκλυση ελάχιστης ποσότητας ατμού, καπνού, σπινθήρων και σταγονιδίων (πιτσιλίσματος). Επομένως, πολύ καλή ορατότητα κατά την συγκόλληση και καθαρές συγκολλημένες επιφάνειες μετά τα πάσα.
- Δυνατότητα συγκόλλησης πολύ λεπτών ελασμάτων, λόγω δυνατότητας ελέγχου της θερμότητας εισόδου.
- Συγκόλληση πολλών διαφορετικών υψηλού σημείου τήξης μεταλλικών υλικών.
- Δυνατότητα συγκόλλησης χωρίς μέταλλο προσθήκης.

Η συγκεκριμένη μέθοδος συγκόλλησης παρουσιάζει τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Δεν ενδείκνυται για μέταλλα που το σημείο τήξης τους είναι πολύ χαμηλό, όπως Pb, Sn και τα κράματα ψευδάργυρου.
- Τα κομμάτια που πρόκειται να συγκολληθούν πρέπει να είναι καθαρά και απαλλαγμένα από ακαθαρσίες.
- Συνήθως περιορίζεται σε επίπεδες ή οριζόντιες συγκολλήσεις, αν και υπάρχει η δυνατότητα συγκόλλησης σε όλες τις πιθανές θέσεις.
- Απαιτεί αρκετή εξάσκηση εκ μέρους το συγκολλητή.
- Ακριβή μέθοδος (εξοπλισμός, αναλώσιμα, αδρανή αέρια για τη θωράκιση του τόξου).
- Ο εξοπλισμός δε μεταφέρεται εύκολα.
- Πιθανότητα μόλυνσης της συγκόλλησης από την τήξη του ηλεκτροδίου βολφραμίου. Η μολυσμένη περιοχή είναι σκληρή και εύθραυστη.

Η συγκόλληση τόξου με ηλεκτρόδιο βολφραμίου εφαρμόζεται κυρίως σε συγκολλήσεις μη σιδηρούχων μετάλλων. Η δυνατότητα πραγματοποίησης με τη μέθοδο αυτή συγκολλήσεων μικρής διαμέτρου, την κάνει ιδανική για συγκολλήσεις σωληνώσεων λεπτού τοιχώματος, όπως αυτές χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία ποδηλάτων. Επιπλέον, η μέθοδος TIG συχνά χρησιμοποιείται σε εργασίες συντήρησης και επισκευής εξαρτημάτων (εργαλεία, μήτρες, ειδικά εξαρτήματα) από αλουμίνιο και μαγνήσιο. Χρησιμοποιείται και για την κατασκευή αεροδιαστημικών οχημάτων. Το γεγονός ότι οι προκύπτουσες συγκολλήσεις έχουν την ίδια ή σχεδόν την ίδια χημική σύσταση με αυτή του βασικού μετάλλου της συγκόλλησης και άρα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στη διάβρωση,

καθιστά τη μέθοδο αυτή βασική επιλογή για ειδικές συγκολλήσεις υψηλών απαιτήσεων. Τέλος, επειδή η μέθοδος αυτή δεν παράγει σκουριά, θεωρείται κατάλληλη για εφαρμογές υψηλού επιπέδου καθαριότητας, όπως σωληνώσεις βιομηχανίας τροφίμων και ποτών, συγκολλήσεις ημιαγωγών, κ.α..



Εικόνα 24: Διάταξη συγκόλλησης με T.I.G.

Για τις συγκολλήσεις της χοάνης χρησιμοποιείται και αυτή η μέθοδος, κυρίως στις κρίσιμες αρθρώσεις συγκόλλησης, εκεί όπου χρειάζονται ακριβείς μικρο-συγκολλήσεις. Λόγω της εύκολης οξείδωσης που υφίσταται το αλουμίνιο, θα πρέπει να προβλέπεται η αφαίρεση του λεπτού στρώματος οξειδίου που δημιουργείται στο χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ του προκαταρκτικού καθαρισμού της επιφάνειας του ελάσματος και της έναρξης

της συγκόλλησης. Αυτό μπορεί να εξαφανισθεί αν το προς συγκόλληση τεμάχιο διατηρηθεί αρνητικά φορτισμένο (αρνητικός πόλος), οπότε η εκπομπή ηλεκτρονίων και ο βομβαρδισμός ιόντων διαρρηγνύουν το στρώμα του οξειδίου. Συνεπώς, ο θετικός πόλος θα είναι το ηλεκτρόδιο, το οποίο όμως υπερθερμαίνεται, με αποτέλεσμα να απαιτούνται ηλεκτρόδια μεγάλης διαμέτρου άρα να ελαττώνεται η απόδοση του τόξου.

Αν το ρεύμα είναι συνεχές και το ηλεκτρόδιο είναι ο αρνητικός πόλος, τότε δεν γίνεται ο καθαρισμός των οξειδίων από την επιφάνεια του ελάσματος. Το ισοζύγιο θερμότητας στο τόξο θα είναι προσεγγιστικά στο 70% στο υλικό και στο 30% στο ηλεκτρόδιο. Στην περίπτωση αυτή η διείσδυση που γίνεται είναι βαθιά και στενή.

Αν το ρεύμα είναι συνεχές και το ηλεκτρόδιο είναι ο θετικός πόλος, τότε γίνεται ο καθαρισμός των οξειδίων από την επιφάνεια του ελάσματος. Το ισοζύγιο θερμότητας στο τόξο θα είναι προσεγγιστικά στο 30% στο υλικό και στο 70% στο ηλεκτρόδιο. Στην περίπτωση αυτή η διείσδυση που επιτυγχάνεται είναι ρηχή και πλατιά.

Τέλος, στην περίπτωση που το ρεύμα είναι εναλλασσόμενο, ο καθαρισμός των οξειδίων από την επιφάνεια του ελάσματος θα γίνεται κάθε μισό κύκλο. Το ισοζύγιο θερμότητας στο τόξο θα είναι προσεγγιστικά στο 50% στο υλικό και στο 50% στο ηλεκτρόδιο, ενώ θα επιτυγχάνεται μία, ενδιάμεσης κατάστασης των δύο προηγούμενων περιπτώσεων, διείσδυση.

<b>Ελαττώματα</b>	<b>Αντιμετώπιση</b>
Εγκλείσματα Βολφραμίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Προσεκτικός χειρισμός</li> <li>- Μείωση πυκνότητας ρεύματος</li> </ul>
Ατελής Τήξη	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Χρήση υψηλής τιμής ρεύματος</li> <li>- Μείωση ταχύτητας</li> </ul>
Πορώδες	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Αύξηση ρεύματος</li> <li>- Μείωση ταχύτητας</li> <li>- Αύξηση ποσοστού ροής αργού</li> <li>- Καλύτερος αρχικός σχεδιασμός</li> </ul>
Αστάθεια τόξου	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Καθαρισμός άκρου ηλεκτροδίου</li> <li>- Αύξηση πυκνότητας ρεύματος</li> <li>- Αύξηση υψηλής συχνότητας ρεύματος</li> </ul>

Πίνακας 3: Ελαττώματα συγκολλήσεων αλουμινίου με τη μέθοδο TIG και τρόποι αντιμετώπισης



Για μεγάλους μήκους συγκολλήσεις, γίνεται χρήση της αυτόματης τεχνικής συγκόλλησης, όπου η ταχύτητα συγκόλλησης μπορεί να αυξηθεί, το πλάτος της ΘΕΖ να μειωθεί και η εμφάνιση της ραφής να βελτιωθεί. Η τροφοδοσία του αναπληρωματικού σύρματος, όπου αυτό απαιτείται, είναι μηχανοκίνητη, με το σύρμα να μην διατρέχεται από ρεύμα. Τέλος, η προθέρμανση απαιτείται στην περίπτωση συγκολλήσεων ελασμάτων με πάχος μεγαλύτερο από 10mm, αν και για τέτοιου είδους συγκολλήσεις δεν επιλέγεται η μέθοδος αυτή.

Προτεινόμενα πάχη υλικών κατά την συγκόλληση TIG:

- Για συγκόλληση TIG (GTAW) εναλλασσόμενου ρεύματος, πάχος μεταξύ 0,5 mm και 0,4 mm.
- Για συγκόλληση TIG (GTAW) συνεχούς ρεύματος (ο αρνητικός πόλος στο ηλεκτρόδιο), πάχος μεταξύ 0,3 mm και 12 mm.

Προτεινόμενες θέσεις συγκόλλησης κατά την TIG:

Όλες οι θέσεις συγκόλλησης είναι δυνατόν να επιτευχθούν.

Προτεινόμενα αέρια προστασίας κατά την TIG:

- Αργό ή μίξη Αργού με Ήλιο (σε μεγαλύτερα πάχη), για συγκόλληση TIG εναλλασσόμενου ρεύματος.
- Ήλιο, για συγκόλληση TIG συνεχούς ρεύματος (ο αρνητικός πόλος στο ηλεκτρόδιο) (10).

### **3.6.5 Μέθοδος MAG/GMAW**

Η συγκόλληση τόξου με τηκόμενο ηλεκτρόδιο και προστασία αερίου είναι μια μέθοδος συγκόλλησης που κάνει χρήση της προστασίας αερίου και όπου θερμότητα που απαιτείται έρχεται από το ηλεκτρικό τόξο που σχηματίζεται μεταξύ ενός τηκόμενου ηλεκτροδίου και των κομματιών που πρόκειται να συγκολληθούν.

Η εν λόγω μέθοδος, όταν έκανε την εμφάνισή της, εθεωρείτο ως μια μέθοδος υψηλής πυκνότητας ρεύματος, με γυμνά μεταλλικά ηλεκτρόδια με μικρή διάμετρο και με προστασία που παρέχονταν από αδρανή αέρια. Κύριος στόχος της η συγκόλληση κραμάτων αλουμινίου. Γι' αυτό και πήρε την ονομασία MIG (Metal Inert Gas Welding). Οι εξελίξεις

που ακολούθησαν περιέλαβαν τη λειτουργία με ρεύματα χαμηλής πυκνότητας και με παλλόμενο συνεχές ρεύμα, τη χρήση της μεθόδου και σε συγκολλήσεις άλλων μετάλλων και την επίτευξη προστασίας του τηγμένου μετάλλου και με ενεργά αέρια (κυρίως CO<sub>2</sub>), που ονομάστηκε συγκόλληση M.A.G. (Metal Actif Gas Welding). Αποτελέσματα των παραπάνω ήταν η μετονομασία της σε GMAW, ως πιο ευρύς όρος.

Η συνεχόμενη ροή του υλικού συγκόλλησης συμβάλλει στο να επιτευχθούν υψηλοί ρυθμοί εναπόθεσης ραφών και προσφέρει στην συγκεκριμένη μέθοδο μεγάλη παραγωγικότητα και παράλληλα την παραγωγή υψηλής ποιότητας ραφών. Γίνεται χρήση ανθρακικών αερίων ή συνδυασμός ανθρακικών αερίων και αργού. Το μη αναλίσκόμενο ηλεκτρόδιο είναι ένα μεταλλικό σύρμα και η σύστασή του μοιάζει με τη σύσταση του βασικού μετάλλου, το βρίσκουμε σε συσκευασία κουλούρας. Μηχανικά πραγματοποιείται η τροφοδοσία του σύρματος. Αντίθετα, χειρωνακτικά προωθείται της κεφαλής της συγκόλλησης.

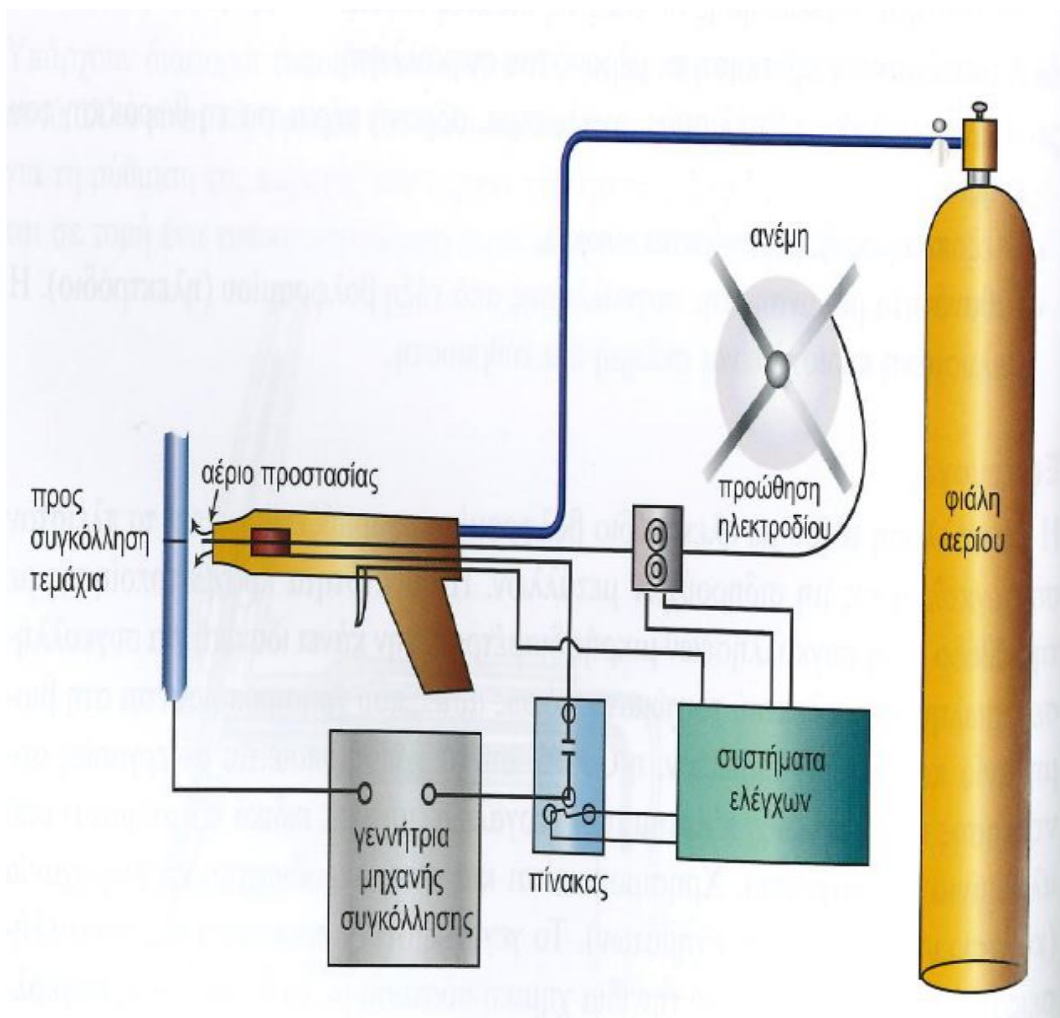
Με τρεις διαφορετικούς τρόπους γίνεται η μεταφορά μετάλλου από το σύρμα προς την λίμνη συγκόλλησης, που εξαρτάται από την πυκνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος που επιβάλλεται στο ηλεκτρικό τόξο. Οι τρόποι αυτοί είναι οι εξής:

- Μεταφορά με σταγόνες
- Μεταφορά με ψεκασμό
- Μεταφορά μέσω βραχυκυκλώματος σύρματος

Στην συγκεκριμένη περίπτωση για την συγκόλληση της χοάνης χρησιμοποιείται η μεταφορά μέσω βραχυκυκλώματος σύρματος/βασικού μετάλλου.

Ο ρυθμός εναπόθεσης και η ρύθμιση ρεύματος συγκόλλησης παρέχονται ως πληροφορία μέσω διαγραμμάτων του κατασκευαστή. Η συγκεκριμένη μέθοδος πραγματοποιείται με βραχυκυκλωμένο τόξο, όπου γίνεται σύνδεση της λαβίδας με τον θετικό πόλο και του μετάλλου βάσης με τον αρνητικό πόλο. Το τόξο εμφανίζει πολύ μεγάλη σταθερότητα, λόγω του μη αναλίσκόμενου ηλεκτροδίου.

Βασικές ρυθμίσεις για την συγκεκριμένη μέθοδο είναι η ταχύτητα εναπόθεσης του υλικού πλήρωσης και η τάση του τόξου.



Εικόνα 25: Διάταξη συγκόλλησης με Μ.Α.Γ.

Στη μέθοδο Μ.Α.Γ. γίνεται χρήση αδρανών αερίων, όπως Διοξείδιο του άνθρακα ή συνδυασμό αερίων.

Η χρήση προστατευτικών αερίων συμβάλλει στο να προστατευτούν τα τεμάχια που πρόκειται να συγκολληθούν από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Αδρανές, δραστικό ή συνδυασμός και των δύο μπορεί να είναι η σύσταση του αερίου. Το αέριο μπορεί να έχει ροή μεταξύ των 0.71 και 0.99 m<sup>3</sup>/h.

Ρυθμιστής ροής αερίων: Με μανόμετρο υψηλής και χαμηλής πίεσης, με μανόμετρο υψηλής πίεσης και ροόμετρο. Το αργόν και το ήλιον είναι τα αδρανή αέρια. Ενώ το διοξείδιο του άνθρακα, το οξυγόνο και πιο σπάνια το άζωτο είναι τα ενεργά αέρια. Το αργόν και το διοξείδιο του άνθρακα είναι τα συνηθέστερα προστατευτικά αέρια. Το διοξείδιο του

άνθρακα είναι ενεργό, εξαιτίας των μεγάλων θερμοκρασιών γίνεται η διάσπασή του σε μονοξειδίο του άνθρακα και οξυγόνο. Οι συνδυασμοί αδρανών και ενεργών αερίων είναι και αυτοί ενεργά αέρια. Η χρήση αερίων με 75%-80 Ar και 20-25% CO<sub>2</sub> ευρέως διαδεδομένη. Τα αέρια δημιουργούν ένα προστατευτικό περιβάλλον γύρω από την συγκόλληση για την προστασία της από τον αέρα της ατμόσφαιρας.

Τα αέρια επιδρούν στο τόξο και στο βάθος διείσδυσης:

- ✓ Το CO<sub>2</sub> συμβάλει στην βαθιά διείσδυση και κάνει δυνατή την συγκόλληση τεμαχίων με οξειδωμένες επιφάνειες.
- ✓ Το Ar βοηθάει στον περιορισμό των πιτσιλισμάτων και με αυτόν τον τρόπο ο τεχνικός συγκόλλησης μπορεί να κάνει ποιοτικότερες ραφές.
- ✓ Η προσθήκη CO<sub>2</sub> στο Ar προσφέρει σταθεροποίηση στο τόξο.
- ✓ Κυρίως στους ανοξειδωτους χάλυβες η προσθήκη μικρής ποσότητας O στο Ar προσφέρει σταθεροποίηση στο τόξο.
- ✓ Η προσθήκη He στο Ar προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του τόξου και βελτίωση της διείσδυσης.

Για την συγκόλληση αλουμινίου και των κραμάτων του χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα αέρια προστασίας:

- a) Ar για μικρά πάχη (25mm)
- b) Μείγμα 75% He + 25% Ar για πάχη από 25 mm έως 75 mm
- c) 90% Ήλιου + 10% Αργού για ιδιαίτερα μεγάλα πάχη.

Για την συγκόλληση μαλακού χάλυβα και των κραμάτων του χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα αέρια προστασίας:

- a) Μείγμα αργού +5% O<sub>2</sub>.
- b) Για μεταφορά με βύθιση Αργό +25% CO<sub>2</sub> για πάχη πιο μικρά από 3,2mm, Αργό + 50% CO<sub>2</sub> για πάχη πιο μεγάλα, ή μόνο CO<sub>2</sub> για περισσότερο διείσδυση.

Για την συγκόλληση ανοξειδωτου χάλυβα και των κραμάτων του χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα αέρια προστασίας:

- a) Μείγμα Αργού 1-2% O<sub>2</sub>.
- b) Για μεγαλύτερη βύθιση μείγμα 90% He + 7,5% Ar +2,5% CO<sub>2</sub>.

Τύποι ηλεκτροδίων:

Τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση GMAW με προστασία αδρανούς αερίου έχουν την ίδια σύνθεση με το προς συγκόλληση βασικό μέταλλο. Αν αέριο που χρησιμοποιείται είναι ενεργό, τότε υποχρεωτικά πρέπει να προστεθούν αποξειδωτικά, κυρίως πυρίτιο και μαγγάνιο, στο κράμα του ηλεκτροδίου.

Οι συνηθέστερες διαμέτροι των ηλεκτροδίων βρίσκονται ανάμεσα στα 1,02 mm και 1,59 mm, ενώ υπάρχουν και ηλεκτρόδια πιο μικρών και πιο μεγάλων διαμέτρων.

#### Πιστόλια:

Η χρήση των πιστολιών συγκόλλησης εξαρτάται από το αν πρόκειται για χειροκίνητη ή ημιαυτόματη συγκόλληση. Λόγω του ότι κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης γίνεται συνεχής προώθηση του ηλεκτροδίου, το πιστόλι πρέπει οπωσδήποτε να έχει μια ολισθαίνουσα ηλεκτρική επαφή προκειμένου να διοχετεύεται το ρεύμα. Η ψύξη του πιστολιού που απαιτείται πραγματοποιείται είτε με αέριο προστασίας είτε με κλειστό κύκλωμα νερού είτε με συνδυασμό των δύο (10).



Εικόνα 26: Τυπικό αερόψυκτο πιστόλι συγκόλλησης GMAW

Οι μηχανές παλλόμενου συνεχούς ρεύματος αποτελούν την εξέλιξη των μηχανών συγκόλλησης GMAW. Δύο επίπεδα έντασης ρεύματος έχουν οι μηχανές αυτές: σταθερό ρεύμα χαμηλής έντασης, το οποίο δεν μπορεί να φέρει μεταφορά του τηκόμενου υλικού σε σταγονίδια και ρεύμα υψηλότερης έντασης, υπό τη μορφή παλμών, το οποίο ξεπερνά το πρώτο. Η μέγιστη τιμή του συνολικού ρεύματος είναι πιο υψηλή της τιμής του μεταβατικού ρεύματος, ως εκ τούτου η μεταφορά πραγματοποιείται με ψεκασμό. Το σημαντικό πλεονέκτημα αυτού του είδους μηχανών είναι ότι η επιθυμητή μεταφορά με ψεκασμό πραγματοποιείται με πιο αποδοτική χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.

Η μέθοδος συγκόλλησης GMAW για τις συγκολλήσεις αλουμινίου κάνει χρήση πηγής συνεχούς ρεύματος με τον θετικό πόλο να βρίσκεται στο ηλεκτρόδιο. Έτσι επιτυγχάνεται η γρήγορη τήξη του ηλεκτροδίου καθώς και η καθαρή επιφάνεια εργασίας. Τα οξειδία του αλουμινίου, που δημιουργούνται στην επιφάνεια, απομακρύνονται εύκολα και έτσι δεν δημιουργούνται εγκλείσματα εξαιτίας των οξειδίων της ραφής.

Στην περίπτωση χρήσης επιφερόμενου υλικού, ο μηχανισμός που ακολουθείται για τη μεταφορά υλικού από το ηλεκτρόδιο, είναι η μεταφορά μέσω σταγονιδίων που απαιτεί μεγάλη πυκνότητα ρεύματος. Στην περίπτωση συγκολλήσεων ελασμάτων μικρού πάχους, όπου υπάρχει απαίτηση για χρήση χαμηλού ρεύματος, χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια σύρματα πολύ μικρής διαμέτρου.

Οι συγκολλήσεις που πραγματοποιούνται με τη μέθοδο MAG/ GMAW παρουσιάζουν πολύ μικρού μεγέθους πορώδες, που σχηματίζονται εξαιτίας της απορρόφησης υδρογόνου ή της υγρασίας που εμφανίζεται στην επιφάνεια του σύρματος, σε ακαθαρσίες στα άκρα των προς συγκόλληση τεμαχίων, στην ανεπαρκή ροή αργού, κ.α. Θα πρέπει, λοιπόν, να πραγματοποιείται καθαρισμός των επιφανειών πριν την συγκόλληση, ενώ σημαντική είναι και η ρύθμιση των συνθηκών συγκόλλησης ώστε ο ρυθμός ψύξης να είναι μειωμένος.

Η ημι-αυτοματοποιημένη τεχνική συγκόλλησης MAG/ GMAW είναι η πλέον διαδεδομένη τεχνική που χρησιμοποιείται σήμερα. Ωστόσο, η πλήρως αυτοματοποιημένη τεχνική με τόξο ελεγχόμενης τάσης χρησιμοποιείται επίσης για συγκολλήσεις παχέων τοιχωμάτων σωληνώσεων και για οριζόντιες συγκολλήσεις.

Στη μέθοδο MAG/ GMAW, ενεργειακή απόδοση είναι μεγαλύτερη από ότι στη μέθοδο TIG/ GTAW. Η ταχύτητα συγκόλλησης και το βάθος διείσδυσης είναι επίσης μεγαλύτερο, ενώ

το πλάτος της ΘΕΖ και η παραμόρφωση είναι μικρότερα. Επομένως, η MAG/ GMAW είναι η πλέον κατάλληλη μέθοδος συγκόλλησης ελασμάτων πάχους γύρω στα 6-7 mm, ενώ για πάχη μεγαλύτερα των 25mm χρησιμοποιούνται ως αέρια προστασίας μίγματα αργού – ηλίου. Ακόμη όμως και στην περίπτωση συγκολλήσεων λεπτών ελασμάτων (πάχους μικρότερου από 5mm), η MAG/ GMAW προσφέρει κυρίως τα πλεονεκτήματα της ευκολίας μεταφοράς του μετάλλου και της μη ανάγκης χρήσης υλικού πλήρωσης.

Προτεινόμενα πάχη υλικών κατά την συγκόλληση MAG/ GMAW:

- Για την συμβατική MAG/ GMAW, πάχος μεγαλύτερο των 3 mm.
- Για την παλμική MAG/ GMAW, πάχος μεγαλύτερο του 1 mm.

Προτεινόμενες θέσεις συγκόλλησης κατά την MAG/ GMAW :

Όλες οι θέσεις συγκόλλησης είναι δυνατόν να επιτευχθούν.

Προτεινόμενα αέρια προστασίας κατά την MAG/ GMAW :

- Αργό για πάχη μικρότερα από 12,5mm
- Αργό ή μίξη Αργού με Ήλιο για πάχη από 12,5mm έως 25mm.
- Ήλιο ή μίξη Αργού με Ήλιο για πάχη μεγαλύτερα των 25mm.

Πολλά είναι τα πλεονεκτήματα της μεθόδου, εξαιτίας των οποίων χρησιμοποιείται ευρέως:

- Η χρήση της μεθόδου M.A.G. είναι δυνατόν να γίνει σε όλες τις θέσεις συγκόλλησης με τη κατάλληλη επιλογή παραμέτρων, με τη σωστή επιλογή υλικού πλήρωσης καθώς και του προστατευτικού αερίου.
- Λόγω της συνεχούς παροχής, δεν χρειάζεται αλλαγή ηλεκτροδίου
- Γίνεται εύκολα η ρύθμιση
- Έχει μεγάλη διείσδυση
- Αποφεύγονται τα εγκλείσματα
- Αποδοτική μέθοδος συγκόλλησης. Παρέχει υψηλό ρυθμό εναπόθεσης υλικού πλήρωσης
- Εύκολη συγκόλληση από χειριστή. Απαιτήση σχετικά μικρής εμπειρίας.
- Ένα συγκεκριμένο μέγεθος ηλεκτροδίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συγκόλληση διαφορετικού πάχους υλικών.

Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η μέθοδος συγκόλλησης τόξου με τηκόμενο ηλεκτρόδιο και ταυτόχρονα με προστασία αερίου είναι τα εξής:

- Επειδή η χρήση προστατευτικού αερίου είναι αναγκαία δυσχεραίνεται η μέθοδος συγκόλλησης MAG/GMAW σε εξωτερικούς χώρους.
- Το κόστος της συγκόλλησης είναι συνήθως υψηλό, λόγω των μεγάλων απαιτήσεων σε παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, παρόλου που το κόστος των χρησιμοποιούμενων ηλεκτροδίων θεωρείται χαμηλό.
- Απαιτήση για πολύ καλό σύστημα τροφοδοσίας ηλεκτροδίου. Συνήθως, το σύστημα αυτό δε μεταφέρεται εύκολα.
- Αυξημένη πιθανότητα ελλιπούς τίξης, εάν οι παράμετροι της συγκόλλησης δεν ελέγχονται.

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται σε εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία, στο χώρο της ναυπηγικής, στον κατασκευαστικό χώρο, καθώς και για συγκολλήσεις σωληνώσεων. Η μέθοδος αυτή προτιμάται για την ευελιξία, την ταχύτητα και την σχετική ευκολία προσαρμογής της. Λόγω αυτών των χαρακτηριστικών, ενδείκνυται και για ρομποτική αυτοματοποίηση. Σε αντίθεση με τις διαδικασίες που δεν απαιτούν προστατευτικό αέριο, σπάνια χρησιμοποιείται σε εξωτερικούς χώρους ή σε περιοχές όπου δημιουργούνται αέρια ρεύματα (10).

### **3.6.6 Έλεγχος συγκολλήσεων**

Αφού ολοκληρωθούν όλες οι συγκολλήσεις απαραίτητος είναι ο έλεγχος αυτών.

Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης των συγκολλήσεων είναι πολύ κρίσιμο η σημείωση του τύπου της ασυνέχειας καθώς και του μεγέθους και της θέσης αυτής. Καθένας χωριστά από τους παραπάνω παράγοντες ή και οι 3 συνδυαστικά καθορίζουν αν πρόκειται για ασυνέχεια ή ελάττωμα, οπότε και πρέπει να αντικατασταθεί. Οι πιο συνήθεις ασυνέχειες είναι:

- Ανεπαρκής διείσδυση της κόλλησης
- Ατελής σύντηξη
- Χτυπήματα τόξου
- Υπερπληρώσεις

Η διαφορά μεταξύ του τί είναι αποδεκτό και τί είναι τέλειο είναι η γνωστή ανοχή.

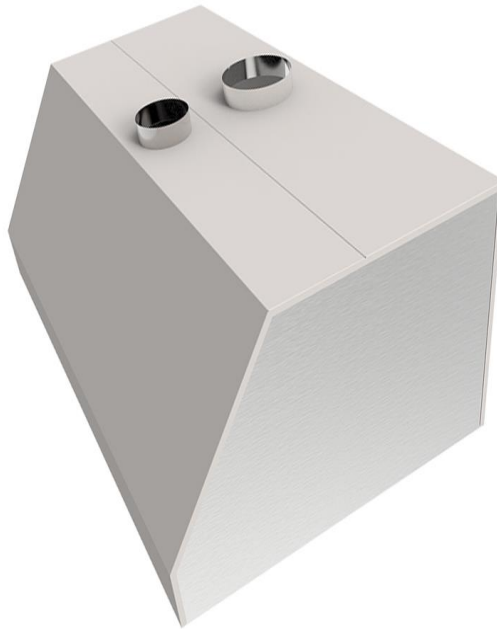


Υπάρχουν πολλαπλές μέθοδοι ελέγχου των συγκολλήσεων:

- Οπτικός έλεγχος: Όμορφη ομοιογενής κόλληση.
- Έλεγχος με υπέρηχους: Ανίχνευση πιθανών κενών στο εσωτερικό της κόλλησης.
- Ακτινογραφικός έλεγχος: Ανίχνευση πιθανών κενών στην κόλληση και έλεγχο της ποιότητας της ρίζας στο εσωτερικό της συγκόλλησης.
- Έλεγχος με διεισδυτικά υγρά: Ψεκάζουμε με ειδικά υγρά και ανιχνεύουμε πιθανές ρηγματώσεις στην κόλληση ή στο σημείο που ενώνεται το υγιές-πρωτογενές υλικό (π.χ. σωλήνας) με την κόλληση.

Στην προκειμένη περίπτωση, αφού ολοκληρωθούν όλες οι συγκολλήσεις των τεμαχίων της χοάνης, γίνεται οπτικός έλεγχος των συγκολλήσεων και σε περιπτώσεις ασυνεχειών χρησιμοποιείται τροχός λείανσης προκειμένου να περιοριστεί η ατέλεια και το τελικό προϊόν να ικανοποιεί τις συγκεκριμένες προδιαγραφές και απαιτήσεις που έχουν τεθεί.

Σημαντικό είναι να θυμόμαστε ότι, αν και η είναι σχεδόν αδύνατο σε μια συγκόλληση να μην υπάρχει καμιά ασυνέχεια.



Εικόνα 27: Η χοάνη μετά τις συγκολλήσεις

### 3.6.7 Προστασία από τις συγκολλήσεις

Οι κίνδυνοι που προκύπτουν από τις συγκολλήσεις οφείλονται σε χημικούς παράγοντες, όπως τα αέρια, οι καπνοί και οι αναθυμιάσεις, από φυσικούς παράγοντες, όπως η ακτινοβολία, οφείλονται δηλαδή στην ίδια τη διαδικασία της συγκόλλησης.

Η συγκεκριμένη εταιρία λαμβάνει όλα τα μέτρα προστασίας προκειμένου να εξασφαλίσει τόσο την υγεία όσο και την ασφάλεια των υπαλλήλων της.

#### 3.6.7.1 Ακτινοβολία τόξου

Το μεγαλύτερο ποσοστό της ακτινοβολίας προέρχεται από το ηλεκτρικό τόξο, όπως οι υπεριώδεις, ορατές και υπέρυθρες ακτίνες.

- Υπεριώδης ακτινοβολία : Επηρεάζει τον βλενογόνο υμένα του ματιού και μπορεί να επιφέρει επιπεφυκίτιδα. Τα συμπτώματα είναι πολλά, όπως δυσκολία στην όραση, πόνο και δάκρυα. Μπορεί να προκαλέσει δερματικό έγκαυμα σε μεγάλο βαθμό. Ο εργαζόμενος οφείλει να προστατέψει τον εαυτό του φορώντας μάσκα και γάντια. Η επιλογή του υλικού του γυαλιού γίνεται ανάλογα της τεχνικής και του ρεύματος που γίνεται χρήση.



Εικόνα 28: Ατομική μάσκα προστασίας από τις συγκολλήσεις



Εικόνα 29: Προστατευτικά γάντια συγκολλήσεων

- Ορατή ακτινοβολία: Ο βαθμός επικινδυνότητας της εν λόγω ακτινοβολίας δεν είναι τόσο μεγάλος όσο αυτός της υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Θάμπωμα ματιών εμφανίζεται κυρίως σε υψηλή ένταση. Ο Τεχνικός συγκόλλησης για να το αποφύγει κάνει χρήση κατάλληλων γυαλιών. Χωρίς προστατευτικά γυαλιά δεν πρέπει να κοιτάζουμε το ηλεκτρικό τόξο. Η ορατή ακτινοβολία του τόξου καταλαμβάνει το 25% της συνολικής ακτινοβολίας.



Εικόνα 30: Προστατευτικά γυαλιά

- Υπέρυθρη ακτινοβολία: Το λουτρό του ρευστού μετάλλου εκπέμπει μεγάλη θερμική ενέργεια, η οποία περιέχεται στην υπέρυθρη ακτινοβολία. Μπορεί να προκαλέσει βλάβη στον αμφιβληστροειδή χιτώνα και κατά συνέπεια καταρράκτη. Το ποσό της υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι χαμηλό και δεν προκαλεί ιδιαίτερη ανησυχία. Παρόλα αυτά προτείνεται η χρήση προστατευτικών γυαλιών συγκολλήσεων (5).



Εικόνα 31: Δερμάτινη προστατευτική ποδιά συγκολλήσεων

Η δερμάτινη ποδιά είναι απαραίτητη για την προστασία του τεχνικού συγκολλήσεων. Η προστατευτική ποδιά προστατεύει τον κορμό και τα πόδια του εργαζόμενου από τυχόν επαφή του με την ακτινοβολία του ηλεκτρικού τόξου.

### 3.6.7.2 Αναθυμιάσεις

Στις συγκολλήσεις δημιουργούνται αναθυμιάσεις, οι οποίες ρέουν προς τα πάνω σε μορφή κώνου από το επίπεδο της συγκόλλησης ως το πρόσωπο του τεχνικού. Πολλοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τις αναθυμιάσεις, όπως:

- ✓ Η τεχνική συγκόλλησης, τα υλικά εναπόθεσης καθώς και το είδος του ηλεκτροδίου.
- ✓ Η ένταση, η πυκνότητα αλλά και το είδος του ρεύματος.
- ✓ Το είδος του μετάλλου βάσης, η τυχόν επιμετάλλωση και οι τυχόν ακαθαρσίες.

- ✓ Το είδος του υλικού εναπόθεσης.
- ✓ Το είδος του αερισμού, φυσικός, μηχανικός, τοπικός και γενικός.
- ✓ Ο χώρος που γίνονται οι συγκολλήσεις, αν δηλαδή είναι ανοιχτός ή κλειστός.

Οι αναθυμιάσεις αυτές έχουν 2 μορφές: αέρια και στερεά σωματίδια.

- ❖ Τα αέρια είναι: Αργόν, Θείον, Φθοριούχες ενώσεις του υδρογόνου, Ήλιον, Διοξείδιο του άνθρακα, , Όζον, τα οποία προκαλούνται εξαιτίας της τήξης του μετάλλου βάσης και του αναλώσιμου υλικού εναπόθεσης.
- ❖ Τα στερεά είναι: Μαγγάνιο, Χρώμιο, Μόλυβδος, Κάδμιο, Οξείδιο του ψευδαργύρου και του σιδήρου, Φλουρίδια, Βανάδιο, Νικέλιο, Χαλκός.

Η εταιρία χρησιμοποιεί τις παρακάτω μεθόδους προστασίας από τις αναθυμιάσεις:

Γενικός αερισμός:

- Με φτερωτή. Οι φτερωτές είναι τοποθετημένες στην οροφή του κτηρίου προκειμένου να αναδεύουν τον καθαρό αέρα με τον μολυσμένο και με αυτόν τον τρόπο να προκύπτει ένα καθαρότερο και λιγότερο βλαβερό από πριν περιβάλλον.
- Ηλεκτροστατικός διαχωριστής. Τα ρινίσματα των μετάλλων ιονίζονται και στη συνέχεια έλκονται ηλεκτρομαγνητικά από ειδικά φίλτρα.

Τοπικός αερισμός:

- Φορητή συσκευή τύπου προβόλου. Τέτοιου είδους συσκευές έχουν ειδικά φίλτρα, για να συγκεντρώνονται τα αέρια και τα στερεά σωματίδια. Επαναφέρουν τον καθαρό αέρα στο περιβάλλον και συνδέονται με την πηγή της μηχανής της συγκόλλησης, προκειμένου να εξασφαλίζεται η λειτουργία τους μόνο όταν λειτουργεί και η μηχανή συγκόλλησης. Κύριο μειονέκτημά τους είναι ότι χρειάζονται μεγάλο χώρο εγκατάστασης.



Εικόνα 32: Συσκευή τύπου προβόλου

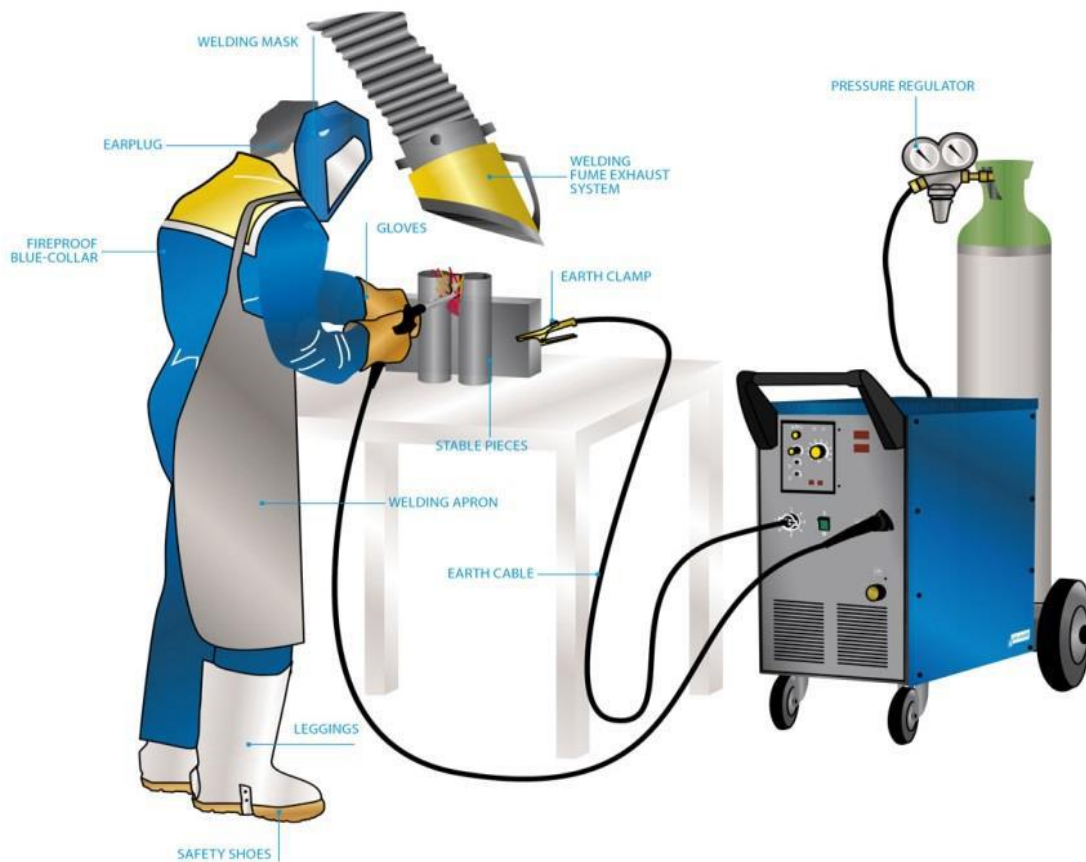
□ Ειδικού τύπου ακροφύσιο, το οποίο προσαρμόζεται στη λαβίδα συγκόλλησης μεθόδων MIG και MAG. Σημαντικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι το ακροφύσιο βρίσκεται δίπλα στο σημείο που βγαίνουν οι αναθυμιάσεις και δύσκολο να τις εισπνεύσει ο χειριστής της μηχανής καθώς δεν φτάνουν σε αυτόν. Συνδέεται με την πηγή της μηχανής της συγκόλλησης, προκειμένου να εξασφαλίζεται η λειτουργία του μόνο όταν λειτουργεί και η μηχανή συγκόλλησης. Επειδή χρησιμοποιείται ένας αγωγός περισσότερο δημιουργείται μια δυσκαμψία στη συσκευή. Επιπρόσθετα, πολλή μεγάλη προσοχή απαιτείται στην ταχύτητα αναρρόφησης προκειμένου να μην γίνεται απορρόφηση του προστατευτικού αερίου.

Εφαρμογή μέτρων ατομικής προστασίας

Μέσα Ατομικής Προστασίας είναι ο κάθε εξοπλισμός μαζί με τα εξαρτήματά του, που χρησιμοποιεί ο τεχνικός προκειμένου να διαφυλάξει την υγεία και την ασφάλειά του κατά τη διάρκεια της εργασίας του. Είναι ευθύνη της εταιρία αλλά και του ίδιου του εργαζόμενου

η σωστή χρήση αυτών των μέτρων. Η εταιρία όταν προσλαμβάνει νέο εργαζόμενο, τον ενημερώνει για την υιοθέτηση αυτών των μέτρων και για τη χρήση του εξοπλισμού, μπορεί και να τον εκπαιδεύσει σχετικά και είναι συνεχώς υπεύθυνη για την επίβλεψη τήρησης των μέτρων αυτών (5).

### Correct and safe electric welding station

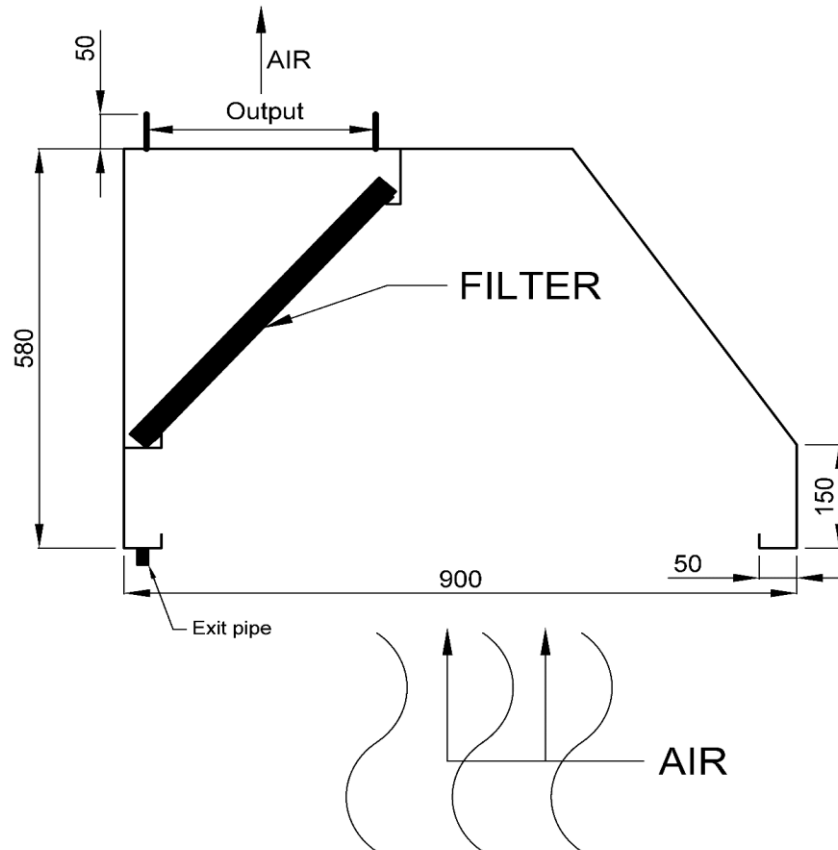


Εικόνα 33: Ασφαλής σταθμός ηλεκτροσυγκόλλησης

### 3.7 Τοποθέτηση εξαρτημάτων

Αφού ολοκληρωθούν οι συγκολλήσεις, τοποθετούνται τα εξαρτήματα της χοάνης. Αυτά είναι:

- ✓ Το μοτέρ ώθησης του αέρα προς την έξοδο
- ✓ Τα φίλτρα του απορροφητήρα-χοάνης
- ✓ Τα σημεία συγκράτησης των φίλτρων
- ✓ Τον διακόπτη ταχύτητας του μοτέρ
- ✓ Την καλωδίωση για την ηλεκτρική σύνδεση



Εικόνα 34: Πλάγια όψη ολοκληρωμένης χοάνης

### 3.8 Έλεγχος τελικού προϊόντος

Τα τελικά προϊόντα πάντα ελέγχονται για αστοχίες, ελαττώματα αλλά και κατά πόσο ανταποκρίνονται στους όρους της παραγγελίας αλλά και στον αρχικό σχεδιασμό του προϊόντος. Όπου είναι εφικτό, γίνονται δοκιμές λειτουργίας του προϊόντος, τόσο στα μηχανικά μέρη όσο και στα ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά.



Ελέγχεται η αξιοπιστία του προϊόντος, δηλαδή η πιθανότητα-δυνατότητα του προϊόντος να επιτελεί την προβλεπόμενη λειτουργία του, χωρίς να αστοχήσει, σε ένα δεδομένο περιβάλλον, για καθορισμένη χρονική περίοδο, υπό κανονική χρήση.

Όσο πιο κρίσιμος είναι ο τομέας εφαρμογής ενός προϊόντος, τόσο υψηλότερη πρέπει να είναι η αξιοπιστία του και όσο αυξάνεται η ποιότητα του κάθε εξαρτήματος ενός προϊόντος, τόσο αυξάνεται και η αξιοπιστία του συνολικού προϊόντος.

Για την πρόβλεψη της αξιοπιστίας ενός προϊόντος χρησιμοποιούνται πολύπλοκα μαθηματικά μοντέλα και υπολογισμοί. Η αξιοπιστία μιας υψηλής ταχύτητας, αυτοματοποιημένης μέσω υπολογιστή γραμμής παραγωγής, με όλα τα πολύπλοκα μηχανικά και ηλεκτρονικά στοιχεία που την αποτελούν, είναι σημαντική, καθώς οποιαδήποτε δυσλειτουργία της μπορεί να συνεπάγεται τεράστιες οικονομικές απώλειες για τον κατασκευαστή.

Συνίσταται να γίνεται δειγματοληψία αποδοχής στη λήψη ορισμένων τυχαία επιλεγμένων δειγμάτων από μία παρτίδα και στον έλεγχο τους ώστε να κριθεί, για το σύνολο της παρτίδας, το αν είναι ποιοτικά αποδεκτή ή εάν πρέπει να απορριφθεί. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των δειγμάτων που λαμβάνεται από μια παρτίδα, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα ότι το δείγμα θα περιέχει προβληματικά εξαρτήματα και τόσο χαμηλότερη είναι η πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας.

Ο έλεγχος της παραγωγής του τελικού προϊόντος είναι μια μεγάλης σημασίας διαδικασία προκειμένου να επιτευχθεί εξισορρόπηση μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης μέσα στην ίδια την εταιρία. Ο εν λόγω έλεγχος συμβάλει στο να συγκριθούν ο προγραμματισμός που με τα πραγματικά αποτελέσματα και τον προσδιορισμό των αποκλίσεων που υπάρχουν.

Με λίγα λόγια, ελέγχεται η ύπαρξη ή μη απόκλισης ανάμεσα στα αρχικά σχέδια παραγωγής και στα πραγματικά αποτελέσματα παραγωγής. Αν όντως υπάρχει αυτή η απόκλιση, τότε είναι απαραίτητα να γίνουν διορθωτικές κινήσεις.

Η ποιότητα της παραγωγής είναι υποχρεωτικό να συμφωνεί με τους όρους της παραγγελίας. Σε πολλές περιπτώσεις πραγματοποιούνται μελέτες ελέγχου παραγωγής προϊόντων, προκειμένου να γίνει έλεγχος της παραγωγής σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τις παραγγελίες των πελατών.

### 3.9 Πακετάρισμα-Συσκευασία

Η συσκευασία είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την προστασία των ίδιων των προϊόντων κατά τη μεταφορά. Μπορεί επίσης να έχει μεγάλη επίδραση στην αξία του προϊόντος και την επιτυχία της επιχείρησής. Υπάρχουν λίγες κατηγορίες προϊόντων που δεν απαιτούν τη συσκευασία σε κάποιο στάδιο.

Η συσκευασία υποχρεούται να προστατεύει το προϊόν από μηχανικούς και φυσικούς κινδύνους που ενδέχεται να συναντήσει σε όλο το ταξίδι προς τον τελικό χρήστη. Αυτοί οι κίνδυνοι μπορεί να διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από το είδος και τη σοβαρότητα.

Η συσκευασία διαδραματίζει ζωτικό ρόλο κατά το χειρισμό και τη διανομή του προϊόντος, και βοηθά την επιχείρηση να εξασφαλίσει ότι το προϊόν παραδίδεται στον τελικό χρήστη σε ικανοποιητική κατάσταση. Διαφορετικοί τρόποι μεταφοράς ενδέχεται να έχουν διαφορετικές τεχνικές πακεταρίσματος.

Διάφοροι τρόποι μεταφοράς περιλαμβάνουν διάφορους κινδύνους οι οποίοι απαιτούν διαφορετικές συσκευασίες για τα διάφορα προϊόντα της εταιρίας. Για παράδειγμα, ένα πακέτο που ταξιδεύει οδικώς μπορεί να υπόκειται σε συνεχείς κραδασμούς καθώς και εκείνων που αποστέλλονται αεροπορικώς ενδέχεται να αντιμετωπίσουν πολύ κρύο εν μέρη χωρίς πίεση περιβάλλοντος. Ζημιά μπορεί επίσης να προκύψει κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Η εταιρία δεν διαθέτει μηχανήματα συσκευασίας-πακεταρίσματος καθώς τα προϊόντα που παράγει έχουν πολύ μεγάλο όγκο και δεν ενδείκνυται η χρήση αυτών των μηχανημάτων. Στόχος του πακεταρίσματος είναι η αποφυγή μικροφθορών κατά τη μεταφορά των προϊόντων αλλά και μεγαλύτερων φθορών-καταστροφών.

Το πακετάρισμα διαφοροποιείται ανάλογα με τον τόπο αποστολής του προϊόντος. Τα προϊόντα που αποστέλλονται εντός της Ελλάδας συσκευάζονται χρησιμοποιώντας φελιζόλ και διάφανη πλαστική μεμβράνη-αεροπλάστ. Για κάποια προϊόντα και εξαρτήματα χρησιμοποιούνται ειδικά μεγάλα χαρτόκουτα.

Για αποστολές προϊόντων στο εξωτερικό γίνεται ειδικό πακετάρισμα. Αφού μετρηθούν οι διαστάσεις όλων των πλευρών του προϊόντος, κόβονται τα αντίστοιχα με τις διαστάσεις αυτές φύλλα γαλβανιζέ καλύπτοντας όλες τις πλευρές. Γύρω από τα φύλλα αυτά τοποθετούνται φύλλα φελιζόλ, τα οποία στερεώνονται με ταινία πακεταρίσματος. Στη συνέχεια, για μεγαλύτερη προστασία, τοποθετούνται περιμετρικά του πακέτου φύλλα

πεπιεσμένου ξύλου που στερεώνονται με ειδικά για ξύλο συρραπτικά σύρματα. Στη βάση του πακέτου τοποθετείται αυτοσχέδια παλέτα, η οποία ενώνεται με την υπόλοιπη συσκευασία με ανθεκτικά κορδόνια. Το προϊόν είναι έτοιμο να ταξιδέψει.

## Κεφάλαιο 4-Ανακύκλωση

Κάθε είδους απόβλητο που προκύπτει από την κοπή τεμαχίων ανοξείδωτου χάλυβα, η εταιρία το διαθέτει στην ανακύκλωση.

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στην σύγχρονη βιομηχανική εποχή είναι η διάθεση των υπολοίπων των παραγομένων ή χρησιμοποιηθέντων προϊόντων εν γένει (οικιακά απορρίμματα, βιομηχανικά απορρίμματα κ.α.).

Για τη λύση του παραπάνω προβλήματος οι κυβερνήσεις, με πρωτεργάτες τις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες, δαπανά μεγάλα ποσά με στόχο την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ανάκτηση πρώτων υλών από τα οικιακά και βιομηχανικά απορρίμματα και μείωση της εκπομπής CO<sub>2</sub> και άλλων επιβλαβών αερίων για το περιβάλλον.

Γίνεται προσπάθεια για τη μεγιστοποίηση της χρήσης των απορριμμάτων μέσω της ανακύκλωσης, της επαναχρησιμοποίησης δηλαδή όσο το δυνατόν περισσότερο σε όγκο του ήδη χρησιμοποιηθέντος προϊόντος και των υπολειμμάτων αυτού κατά την παραγωγική διαδικασία.

Ο σίδηρος και τα κράμματα αυτού (ανοξείδωτος χάλυβας) απαιτούν μεγάλη δαπάνη ενέργειας για την ανάκτησή του από σιδηρομεταλλεύματα έως την τελική μορφή του προϊόντος της πρώτης ύλης και των χρηστικών αντικειμένων.

Τις περισσότερες φορές το παραγόμενο προϊόν είναι ένα εξολοκλήρου καθαρό προϊόν ανοξείδωτου χάλυβα. Τα υποπροϊόντα κατά την παραγωγική διαδικασία είναι επίσης καθαρός ανοξείδωτος χάλυβας, εξαιρέσει των υποπροϊόντων λείανσης που εμπεριέχουν και ψήγματα από το λειαντικό υλικό.

Όλα τα υποπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας, όπως μικρά τεμάχια από κοπή, διαμόρφωση, διάτρηση, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν μετά από τήξη.

Επίσης όλα τα τελικά χρηστικά αντικείμενα, οικιακά ή βιομηχανικά, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν εκατό τις εκατό μετά από παλαιότητα ή αλλαγή βιομηχανικού ή νέου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Ο σίδηρος, τα σιδηρομεταλλεύματα και τα μεταλλικά εν γένει κράμματα έχουν ιδιαιτερότητες, που τις διαφοροποιούν από τα υπόλοιπα απορρίμματα, κυρίως λόγω του βάρους και τις μορφής αυτών.

Στη βιομηχανική παραγωγή τα υπολείμματα της παραγωγικής διαδικασίας συλλέγονται σε ειδικούς κάδους και σε συμφωνία με εταιρίες του κλάδου παραδίδονται προς ανακύκλωση. Αυτό είναι ένα σημαντικό κομμάτι της ανακύκλωσης των μετάλλων άρα και του ανοξειδωτού χάλυβα. Σε βιομηχανίες όπου η κύρια πρώτη ύλη είναι ανοξειδωτος χάλυβας, υπάρχουν ειδικοί κάδοι όπου με επιμέλεια συλλέγονται τα υποπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας και πωλούνται στις εταιρίες ανακύκλωσης με σημαντικό οικονομικό όφελος για τη μείωση του κόστους παραγωγής του τελικού προϊόντος. Το κόστος είναι ένα σημαντικό κίνητρο για την παραγωγή και παράλληλα κίνητρο κέρδους για τις εταιρίες ανακύκλωσης. Με την διαδικασία αυτή τα εργοστάσια χύτευσης ανοξειδωτου χάλυβα έχουν πρώτη ύλη προς άμεση χρήση. Παρακάμπτουν δηλαδή την εξόρυξη, την δαπάνη ηλεκτρικής ενέργειας, την αρχική μορφοποίηση και τέλος την παραγωγή των προφίλ. Στις περισσότερες χώρες που κάνουν χρήση του ανοξειδωτου χάλυβα σε βιομηχανική κλίμακα, υπάρχει οργανωμένο σύστημα διαχωρισμού, συλλογής, αποθήκευσης και παράδοσης προς επανάχρηση του προϊόντος . Η παραπάνω διαδικασία ωφελεί όλους τους εμπλεκόμενους και παράλληλα συμβάλλει σε σημαντική μείωση των ρυπογόνων εκπομπών αερίων στο περιβάλλον.

Σήμερα με την υπερκατανάλωση, τα περιβαλλοντικά θέματα είναι σημαντικά κριτήρια για την συγκομιδή υλικών. Το κριτήριο για την πρόπουσα αξιολόγηση ενός υλικού είναι η ανακύκλωση. Ειδικά η ανακύκλωση του ανοξειδωτου χάλυβα προσφέρει:

- Χρήση πρωταρχικής ενέργειας με φειδώ.
- Σωτηρία μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Μείωση των άχρηστων υλικών.

Οι ανοξειδωτοι χάλυβες σπανίως καταλήγουν στα απορρίμματα μετά το τέλος της χρηστικής τους ζωής. Τόσο στη βιομηχανική όσο και την οικιακή παραγωγή χρηστικών αντικειμένων, ο χρόνος, η αρχιτεκτονική τάση και η φθορά, οδηγούν στην ανανέωση είτε του βιομηχανικού είτε του οικιακού εξοπλισμού. Έτσι έχουμε έτοιμη πρώτη ύλη ανοξειδωτου χάλυβα προς επανάχρηση.

Ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι σημαντικά ανακυκλώσιμος σε όλο τον κόσμο σε ευρύ φάσμα. Η ανακύκλωσή του είναι μια αυτοσυντήρητη διαδικασία και η επαναδιαμόρφωση του είναι οικονομικά συμφέρουσα και τεχνολογικά ελεγχόμενη. Εκτιμάται ότι, σε παγκόσμια κλίμακα, το ποσοστό του ανοξειδωτου χάλυβα που μπορεί να ανακυκλωθεί αγγίζει το 80 με 90 %. Η αύξηση χρήσης του ανοξειδωτου χάλυβα είναι περίπου 5% ανά έτος.

Ο ανοξειδωτος χάλυβας δεν δαπανάται, άλλα παραμένει μέρος ενός σταθερού και κλειστού συστήματος ανακύκλωσης. Πολύ μικρό μέρος του υλικού αποβάλλεται υπό μορφή Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, το οποίο δημιουργείται πάνω στο πρωτογενές υλικό ως προστατευτικό στρώμα και αυτό κυρίως σε μεγάλες επιφάνειες όπως είναι τα ανοξειδωτα φύλλα.

Πρόβλημα στην ανακύκλωση του ανοξειδωτου χάλυβα δημιουργούν τα πολύ μικρά σε όγκο αντικείμενα που συμμετέχουν στο σύνολο μιας μεταλλικής κατασκευής, π.χ. ηλεκτρονικοί υπολογιστές, πολύ μικρά οικιακά διακοσμητικά αντικείμενα, βίδες, περικόχλια, ροδέλες, μικρά τμήματα στην παραγωγή αυτοκινήτων κ.α.. Αυτά “ χάνονται “ στη διαδικασία ανακύκλωσης και κατά κανόνα τήκονται μαζί με τον σίδηρο. Θα μπορούσαμε ενδεχομένως και αυτά να τα ανακτήσουμε, αλλά θα απαιτείτο υψηλό εργατικό κόστος. Για τον λόγο αυτό η ανάκτηση των προαναφερθέντων γίνεται επιλεκτικά κυρίως σε ομοειδή προϊόντα, όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές και τμήματα της αυτοκινητοβιομηχανίας.

Συμπερασματικά λοιπόν, μπορούμε να πούμε ότι ο ανοξειδωτος χάλυβας αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο ευγενές μέταλλο με ευρεία εφαρμογή και παράλληλα, με την κατάλληλη διαχείριση της ανακύκλωσης του, συμβάλει στον έλεγχο της προστασίας του περιβάλλοντος και της σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας.



Εικόνα 35: Απόβλητα προς ανακύκλωση

## **Κεφάλαιο 5-Ποιότητα προϊόντος-Προτάσεις για βελτίωση του προϊόντος**

### **5.1 Ποιότητα και Διασφάλιση προϊόντος**

Τα παραγόμενα προϊόντα αναπτύσσουν συγκεκριμένα εσωτερικά και εξωτερικά χαρακτηριστικά, τα οποία προκύπτουν από το είδος των κατεργασιών που υπέστησαν αλλά και από τις ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Πριν από την κυκλοφορία των προϊόντων στην αγορά, περνούν από διαδικασίες επιθεώρησης, οι οποίες αποσκοπούν είτε στον έλεγχο της σωστής συναρμογής μεταξύ των εξαρτημάτων κατά την συναρμολόγησή τους είτε στον εντοπισμό αστοχιών ή δυσλειτουργιών που μπορεί να έχουν και ενδεχομένως σοβαρές και επικίνδυνες συνέπειες. Η ποιότητα του προϊόντος αποτελούσε ανέκαθεν ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των κατεργασιών μέσω οποίων παράγεται ένα προϊόν. Μέσα στην παγκόσμια ανταγωνιστική αγορά, η συνεχής βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων αποτελεί μείζονα προτεραιότητα.

Σε παγκόσμιο επίπεδο οι πελάτες απαιτούν αξιόπιστα προϊόντα και υπηρεσίες ιδιαίτερα υψηλής ποιότητας και ταυτόχρονα χαμηλές τιμές και αναζητούν προμηθευτές που μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις τους με συνέπεια και αξιοπιστία. Αυτή η τάση στην παγκόσμια αγορά, οδήγησε στην ανάγκη ομόφωνης καθιέρωσης και τήρησης μεθόδων για τον έλεγχο της, της αξιοπιστίας, της ποιότητας και της ασφάλειας των προϊόντων.

Το 1987 τέθηκε σε ισχύ και αναθεωρήθηκε το 1994 το ISO 9000 με γενικό τίτλο Quality Management and Quality Assurance Standards (Πρότυπα Διαχείρισης και Διασφάλισης Ποιότητας), το οποίο είναι μια γενικευμένη σειρά προτύπων και προδιαγραφών για συστήματα διαχείρισης ποιότητας. Το πρότυπο αυτό άλλαξε οριστικά και αμετάκλητα τον τρόπο δραστηριοποίησης των εταιρειών κατασκευής στο παγκόσμιο εμπόριο και εδραιώθηκε ως παγκόσμιο πρότυπο ποιότητας.

Για να δοθεί πιστοποίηση σε μια μονάδα παραγωγής, εμπειρογνώμονες από ανεξάρτητους φορείς επισκέπτονται και ελέγχουν τις εγκαταστάσεις, προκειμένου να επιβεβαιώσουν ότι τα 20 βασικά στοιχεία του προτύπου εφαρμόζονται και λειτουργούν σωστά.

Η υπό μελέτη εταιρία πιστοποιήθηκε με το ISO 9001, το οποίο αφορά τα Συστήματα διαχείρισης ποιότητας: μοντέλο διασφάλισης ποιότητας για σχεδιασμό/ανάπτυξη, παραγωγή, εγκατάσταση και επισκευή προϊόντων (1).

## 5.2 Προτάσεις για βελτίωση του προϊόντος

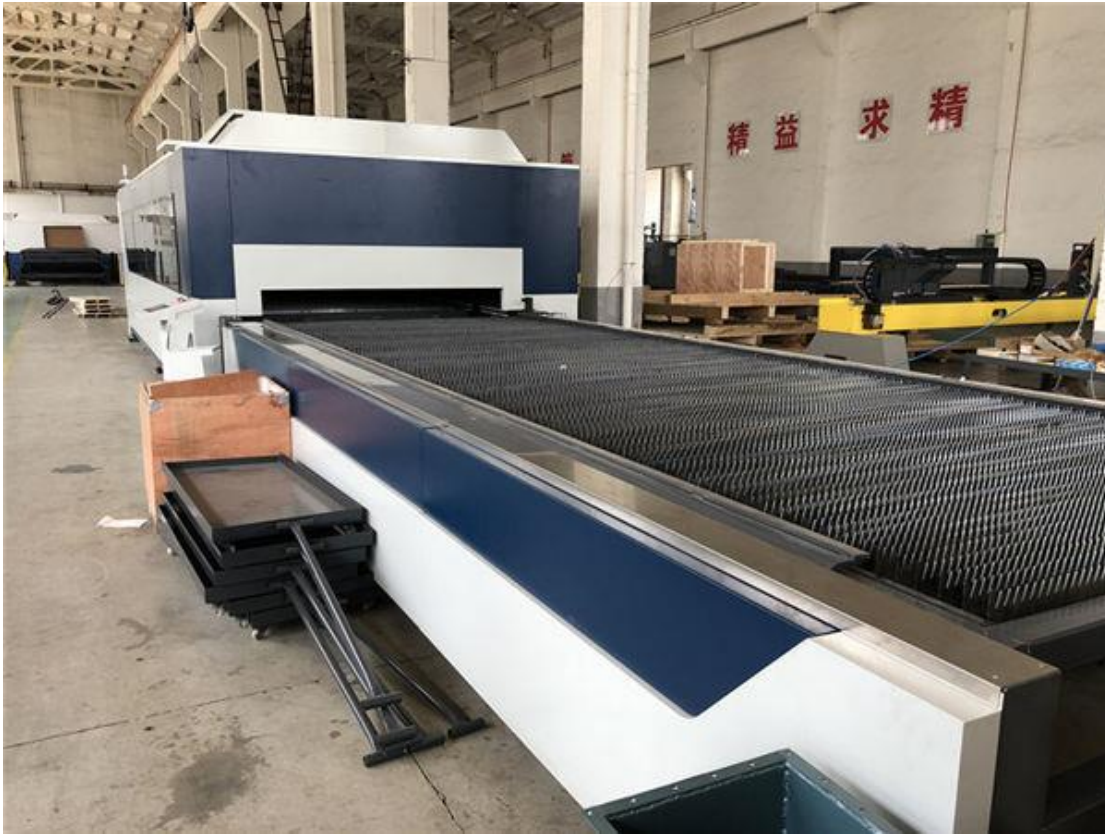
Το βασικό μέλημα μιας εταιρίας και οδηγός της πορείας της πρέπει είναι η συνεχής ενασχόλησή της με τη βελτίωση των προϊόντων της. Ξεκινώντας από την επιλογή των υλικών μέχρι και την τελική διαδικασία παραγωγής τους. Και αυτό γιατί οι εξελίξεις σε όλα τα επίπεδα είναι ραγδαίες και σύμφωνα μ' αυτές αναδιαμορφώνονται οι ανάγκες και οι απαιτήσεις των πελατών. Τις περισσότερες φορές οι εταιρίες πάνω στο ήδη πετυχημένο εμπορικά μοντέλο που ήδη παράγουν, προσθέτουν κάποιες καινούριες λειτουργίες, κάποια καινοτόμα χαρακτηριστικά ώστε να βελτιώσουν το ήδη πετυχημένο μοντέλο τους.

Στο πλαίσιο της συνεχούς βελτίωσης του προϊόντος (της επιτοίχιας χοάνης), θα προτείνουμε τις παρακάτω βελτιώσεις:

- Αποσπώμενο γύσο. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η ευκολία στην καθαριότητα, καθώς το γύσο της χοάνης αφαιρείται και πλένεται.
- Φωτισμός. Θα μπορούσε να προστεθεί φωτισμός, όπως στους οικιακούς απορροφητήρες.
- Δυνατότητα κίνησης στη χοάνη, δηλαδή να μην είναι σταθερή σε ένα σημείο αλλά να μπορεί να χαμηλώνει πάνω στην εστία.



## Κεφάλαιο 6 – Εικόνες μηχανών γραμμής παραγωγής και εξαρτήματα



Εικόνα 36: Λείζερ κοπής



Εικόνα 37: Λείζερ κοπής



Εικόνα 38: Κεφαλή Λείζερ



Εικόνα 39: Τράπεζα λέιζερ κοπής



Εικόνα 40: Κλειστού τύπου λέιζερ κοπής



Εικόνα 41: Στράντζα



Εικόνα 42: Στράντζα χειρός



Εικόνα 43: Μαχάρι Στράντζας



Εικόνα 44: Στράντζα με κυλίνδρους



Εικόνα 45: Στατική Ηλεκτροπύκνωση



Εικόνα 46: Στατική Ηλεκτροπόντα



Εικόνα 47: Στατική Ηλεκτροπόντα



Εικόνα 48: Μη Στατική Ηλεκτροπόντα



Εικόνα 49: Μη Στατική Ηλεκτροπόντα





Εικόνα 50: Κεφαλή TIG



Εικόνα 51: Κεφαλή TIG



Εικόνα 52: Συγκόλληση MIG ή συρματοκόλληση



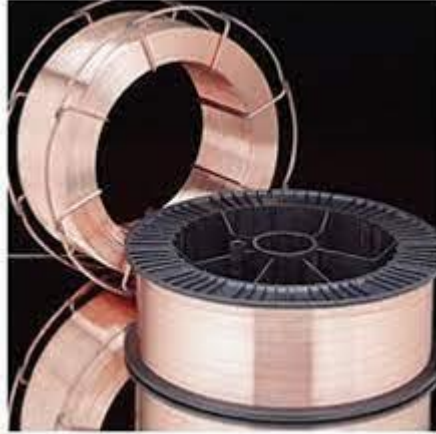
Εικόνα 53: Συγκόλληση MIG ή συρματοκόλληση



Εικόνα 54: Κεφαλή MIG



Εικόνα 55: Κεφαλή MIG



Εικόνα 56: Σύρμα MIG



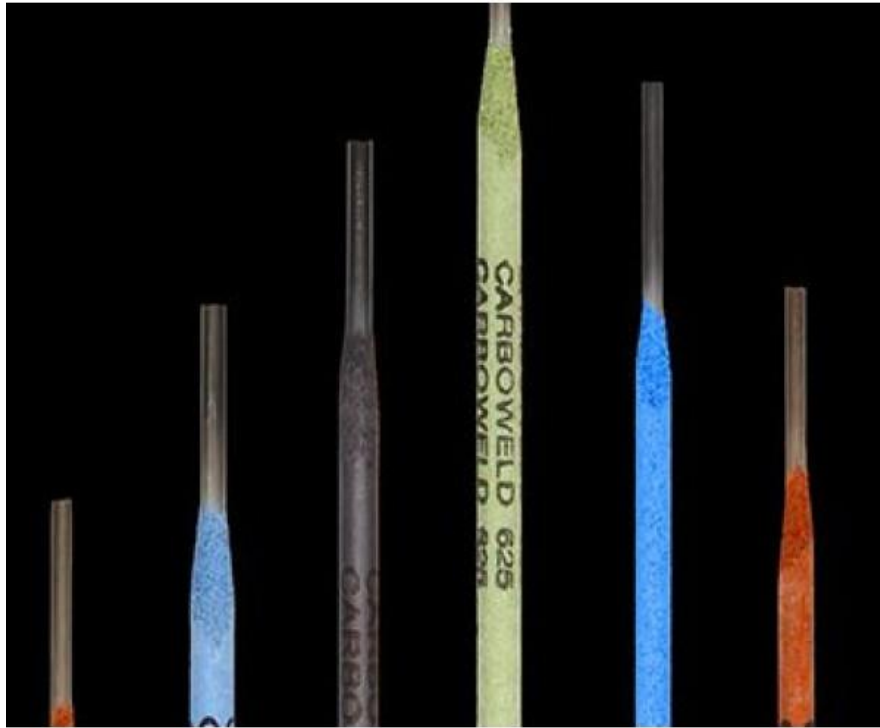
Εικόνα 57: Συγκόλληση με ηλεκτρόδιο



Εικόνα 58: Κεφαλή



Εικόνα 59: Ηλεκτρόδια



Εικόνα 60: Διάφορα είδη ηλεκτροδίων



Εικόνα 61: Φλόγιστρο συγκόλλησης χαλκών



Εικόνα 62: Κεφαλή Φλόγιστρου



Εικόνα 63: Σύρμα

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kalpakjian, S., Schmid, S. (2021) Μηχανουργική Επιστήμη και Τεχνολογία, ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη
2. Αγγελάκης, Π. (2018) Ανακατασκευή εργαλειομηχανής διάτρησης, ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά.
3. Αντωνιάδης, Α. (2018) Μηχανουργική Τεχνολογία, ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη
4. Βερροιάς, Δ. (2014) Κοπή και συγκόλληση με λέιζερ-*Cutting and welding with laser*, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη
5. Γαλανάκης, Ι.(2012) Ανάλυση της συγκόλλησης κοινών χαλύβων με τη μέθοδο MIG – MAG (GMAW), ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά
6. Γεωργακόπουλος, Α. (2019) Σχεδίαση συστημάτων CAD/CAM με χρήση του Autodesk Inventor, ΑΕΙ Πειραιά, Πειραιάς
7. Γορανίτης, Δ., Παπαναστασίου Ι. (2013) Συγκολλήσεις και κοπή Μετάλλων - *Welding and cutting metals* , ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη
8. Λαζαρίδης, Δ. (2014) Προδιαγραφές και κατεργασίες ανοξείδωτου χάλυβα, ΤΕΙ Σερρών, Σέρρες
9. Μαργαρίτης, Α., Χαίτι, Φ., (2018) Μελέτη Μηχανικής Αντοχής, υπό διαβρωτικές συνθήκες ανοξείδωτων χαλύβων, ΤΕΙ Πειραιά, Πειραιάς
10. Παντελής, Δ., Παπάζογλου, Β., Χαϊδεμενόπουλος, Γ. (2022) Επιστήμη και Τεχνολογία των Συγκολλήσεων, ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη
11. Φλώρος, Σ. (2018) Παραμετρική 3D Σχεδίαση και Μοντελοποίηση με Autodesk, ΤΕΙ Πειραιά, Πειραιάς
12. <https://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/41-proistoria-kai-prwtoistoria>
13. <https://www.orykta.gr/istoria/istoria-ellinikis-metalleias/41-proistoria-kai-prwtoistoria>
14. <https://www.definebusinessterms.com/>
15. <https://www.Leronimakisinox.com/blog/viosimotita-anokseidotou-xaliba>
16. <https://el.wikipedia.org/>
17. <http://gr.china-steel-pipes.com/stainless-steel-plate/316-and-316l-stainless-steels.html>
18. <https://www.dakoutros.gr/product>
19. <https://www.moulding.gr/anokseidotou-xalyvas-meros-a/>



20. <https://el.buycnc.com/desktop-cnc/small-cnc-router-cnc-milling-machine/>
21. <https://welder.gr/>
22. <http://gr.yzpipes.com/>
23. <https://kitsas-scrap-gr-blog.tumblr.com/>
24. <https://moulding.gr/>
25. <https://www.epoptia.com>
26. <https://www.custom-machines.gr/>
27. <https://www.rombotics.com/>