



## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

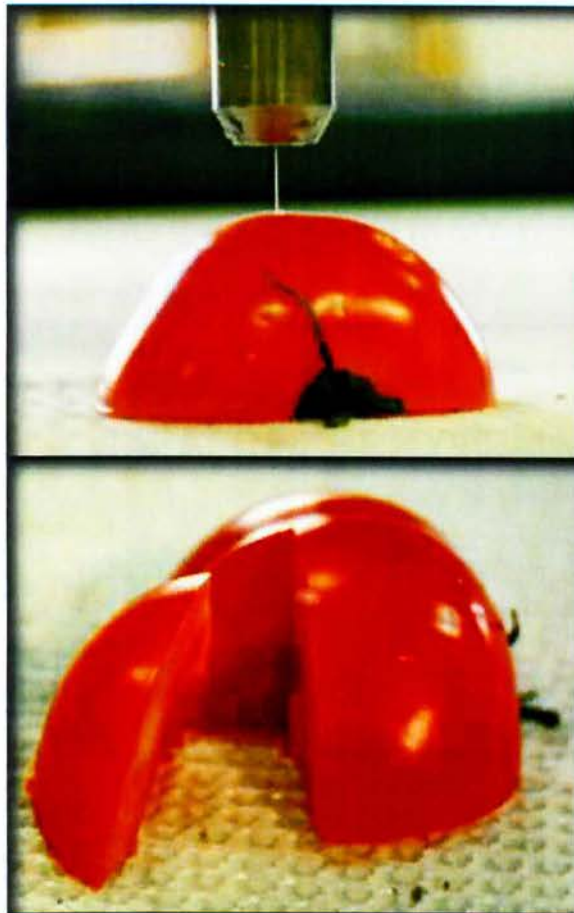
ΛΙΟΣΗ ΙΣΙΔΩΡΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
ΤΣΟΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

**Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΘΕΜΑ ΣΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ:**

**«ΥΔΡΟΚΟΠΗ ΥΛΙΚΩΝ  
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ»**



**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : ΙΣΙΔΩΡΑ ΛΙΟΣΗ  
ΑΜ:21117**

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΜΑΙΟΣ 2012

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
1. <u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	-3-
2. <u>ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ</u>	-6-
3. <u>ΕΠΙΛΟΓΗ ΡΟΜΠΟΤ – ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ</u>	-10-
4. <u>ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ</u>	-27-
5. <u>ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</u>	-31-
6. <u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	-37-

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κοπή με νερό παρέχει πολλά πλεονεκτήματα που μπορούν να είναι πολύ αποτελεσματικά στη μείωση του κόστους. Πέρα από την μείωση των δαπανών, η κοπή με νερό αναγνωρίζεται ως η πιο ευέλικτη και γρηγορότερα αυξανόμενη διαδικασία στον κόσμο. Μηχανές κοπής με νερό χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές παραγωγής σε όλη την υδρόγειο. Ανταγωνίζεται άλλες τεχνολογίες όπως το λέιζερ, το EDM και το πλάσμα. Κανένα επιβλαβές αέριο ή υγρό δεν χρησιμοποιείται στην κοπή, και δεν παράγονται επικίνδυνα υλικά ή καυσαέρια. Λόγω της φύσης της κοπής (κρύα κοπή) δεν έχουμε αυτενταντικές καταστάσεις κατά την κοπή σε αντίθεση με άλλες μεθόδους.

Η κοπή με νερό έχει δείξει ότι μπορεί να κάνει πράγματα που άλλες τεχνολογίες δεν μπορούν. Από τις πολύ λεπτές λεπτομέρειες κοπής στην πέτρα, το γυαλί και τα μέταλλα, έως τη γρήγορη διάτρηση τρυπών στο τιτάνιο, στην κοπή των τροφίμων, η κοπή με νερό έχει αποδειχτεί μοναδική.

Η κοπή με νερό μπορεί να κόψει και σκληρά & μαλακά υλικά, όπως το τιτάνιο, τον ανοξείδωτο χάλυβα, το αλουμίνιο, τα κεραμικά, τα σύνθετα υλικά, την πέτρα, το μάρμαρο, το πλακάκι πατωμάτων, το γυαλί, τα πλαστικά, τα υφάσματα, τα τρόφιμα, καθώς και πολλά άλλα.

### Ιστορία

Ο Δρ Norman Franz θεωρείται ως ο εμπνευστής της κοπής με νερό. Ήταν ο πρώτος που μελέτησε τη χρήση του νερού σε υπερβολικά υψηλές πιέσεις ως κοπτικό μέσο. Οι υψηλές πιέσεις είναι πάνω από 30.000 λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα (PSI). Ο Δρ Franz, ένας δασονόμος μηχανικός, θέλησε να βρεί νέους τρόπους να τεμαχίσει τα παχιά δέντρα στην ξυλεία. Στη δεκαετία του '50, ο Franz έβαζε μεγάλα βάρη σε στήλες νερού, και ανάγκαζε το νερό να διαφύγει μέσω ενός μικροσκοπικού στομίου.

Πέτυχε για σύντομο χρονικό διάστημα υψηλές πιέσεις και ήταν σε θέση να κόψει το ξύλο και άλλα υλικά. Σε μετέπειτα πειράματα προσπάθησε να έχει συνεχείς υψηλές πιέσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα αλλά δεν τα κατάφερε.

Ο Δρ Franz δεν έφτιαξε ποτέ τον κόπτη ξυλείας που ήθελε. Ειρωνικά, σήμερα η ξύλινη κοπή είναι μια πολύ μικρή εφαρμογή για την τεχνολογία αυτή. Αλλά ο Franz απέδειξε ότι μια ακτίνα ύδατος με πολύ υψηλή ταχύτητα έχει τεράστια τέμνουσα δύναμη — μια δύναμη που χρησιμοποιείται σήμερα σε εφαρμογές ξεπερνώντας και τις μεγαλύτερες προσδοκίες του Δρ Franz.

### Πλεονεκτήματα της κοπής με νερό

- Λόγω της κρύας φύσης του νερού δεν έχουμε δημιουργία υψηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, με αποτέλεσμα να είναι ιδανικό για υλικά που επηρεάζονται ή παραμορφώνονται από την θερμότητα, όπως το τιτάνιο.

- Είναι φιλική προς το περιβάλλον, τα υπολείμματα της κοπής αφαιρούνται από το νερό και με αυτόν τον τρόπο μειώνονται η σκόνη και τα επικίνδυνα αέρια – κάτι που οι άλλες τεχνολογίες δεν μπορούν να επιτύχουν.

- Κόβει τα εύθραυστα υλικά όπως το γυαλί και την πέτρα με ευκολία.

- Κόβει τα πλαστικά χωρίς παρουσίαση παραμορφώσεων ή τοξικών καπνών.

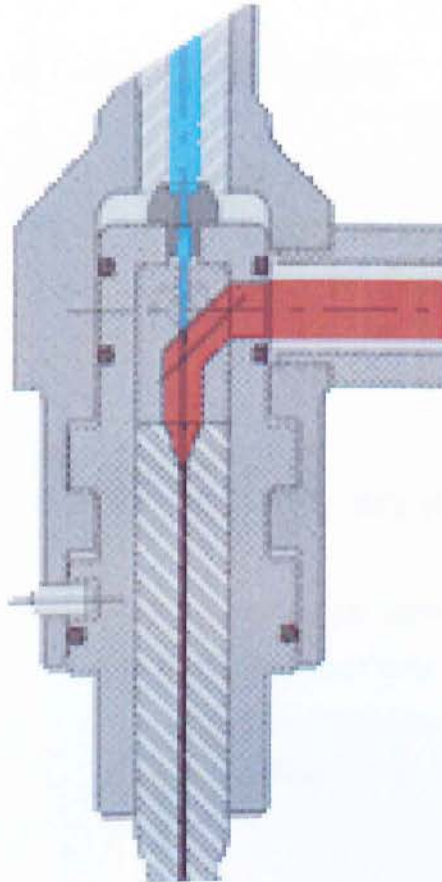
- Έχει τη δυνατότητα να διατρυπήσει τα περισσότερα υλικά χωρίς αρχικές τρύπες.

- Έχει μικρή φύρα λόγω του μικρού πλάτους κοπής.

- Κόβει τα σύνθετα υλικά χωρίς οποιαδήποτε ειδική επεξεργασία.

- Λόγω της πολύ μικρής οπής του νερού έχει μεγάλη ακρίβεια.

### Πώς λειτουργεί η κοπή με νερό



Η βασική τεχνολογία είναι και απλή και εξαιρετικά σύνθετη. Σε γενικές γραμμές, το νερό ρέει από μια αντλία, μέσω της υδραυλικής εγκατάστασης και εξέρχεται με πίεση από την κοπτική κεφαλή. Η διαδικασία, εντούτοις, ενσωματώνει την εξαιρετικά σύνθετη τεχνολογία υλικών και τον προηγμένο σχεδιασμό. Για να αποκτήσει το νερό πίεση στα 60.000 PSI απαιτεί τεχνογνωσία που δεν διδάσκεται στα πανεπιστήμια. Σε αυτές τις εξαιρετικά υψηλές πιέσεις μια μικρή διαρροή μπορεί να προκαλέσει τη μόνιμη βλάβη εξαιτίας της διάβρωσης στα συστατικά εάν αυτά δεν έχουν επιλεγεί σωστά. Ευτυχώς, οι κατασκευαστές αυτών των μηχανών κατέχουν σε βάθος την γνώση για την επιλογή των υλικών και γενικά για το σχεδιασμό του μηχανισμού κοπής. Ο χρήστης χρειάζεται μόνο να είναι πεπειραμένος στον βασικό τρόπο λειτουργίας αυτών των μηχανών.

## **2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ**

### **ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ**

Τόσο η οργάνωση όσο και η λειτουργία παραγωγής εξαρτάται από το είδος της επιχείρησης και από τα προϊόντα που παράγει. Με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά, μια διαδικασία παραγωγής μπορεί να ενταχθεί σε μια ή και περισσότερες από τις πέντε παρακάτω γενικές κατηγορίες:

- Διαδικασίες έργου
- Διαδικασίες job-shop
- Διαδικασίες διακεκομμένων γραμμών ροής (disconnected flow lines) ή παραγωγής κατά παρτίδες (batch)
- Διαδικασίες συνδεδεμένων γραμμών ροής (connected flow lines)
- Διαδικασίες συνεχούς ροής (continuous flow lines)

Κάθε μια από τις παραπάνω διαδικασίες σχετίζεται με διαφορετικού τύπου προϊόντα, διαφορετικό όγκο παραγγελιών και διαφορετικό κύκλο ζωής του προϊόντος.

### **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΡΓΟΥ**

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή των τεχνικών κατασκευαστικών έργων είναι ο κλάδος από τον οποίο προέρχονται οι περισσότερες μέθοδοι και τα περισσότερα εργαλεία της διοίκησης έργων. Γενικά το έργο μπορεί να θεωρηθεί ένα είδος συστήματος ή διαδικασία παραγωγής που έχει ως εκροή ένα μοναδιαίο προϊόν (π.χ ένα πλοίο, ένα εξειδικευμένο κατά παραγγελία πρόγραμμα υπολογιστών) το οποίο συνήθως κατασκευάζεται σε ένα συγκεκριμένο χώρο χωρίς να μετακινείται.

### **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΥΠΟΥ JOB SHOP**

Στις διαδικασίες παραγωγής τύπου job shop , μικρές παρτίδες ή μεμονωμένα προϊόντα παράγονται ακολουθώντας μη τυποποιημένες διαδρομές από σταθμό εργασίας σε σταθμό εργασίας. Σταθμός εργασίας μπορεί να θεωρείται μια μηχανή ή ένας πάγκος όπου ένας εργάτης δουλεύει χειρωνακτικά . Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του τύπου μπορεί να συναντήσει κανείς σε τυπογραφία ή μηχανουργεία. Τα συστήματα τύπου job shop παράγουν συνήθως κατά παραγγελία ,δεν διατηρούν αποθέματα στην παραγωγή και χαρακτηρίζονται από μεγάλη ευελιξία. Σε αυτού του τύπου τα συστήματα τα ποσοστά ευστοχίας εξαρτώνται από την προετοιμασία των μηχανών, η σχέση με τους πελάτες είναι περιστασιακή και οι περιπτώσεις αυξημένου όγκου παραγγελιών αντιμετωπίζονται με υπερωρίες. Τέλος η ποιότητα των προϊόντων εξαρτάται από την εμπειρία και την ευσυνειδησία των εργαζομένων.

### **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΚΕΚΟΜΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΡΟΗΣ** **(DISCONNECTED FLOW LINES)**

Εδώ τα προϊόντα , κινούνται σε ένα περιορισμένο αριθμό καθορισμένων διαδρομών. Οι σταθμοί εργασίας δε συνδέονται με συστήματα αυτόματης μεταφοράς έτσι δημιουργούνται αποθέματα μπροστά από τους διάφορους σταθμούς εργασίας. Μονάδες παραγωγής πολύπλοκου ηλεκτρολογικού ή μηχανολογικού εξοπλισμού λειτουργούν με αυτό τον τρόπο. Οι διαδικασίες παραγωγής κατά παρτίδες είτε για αποθήκευση είτε κατά παραγγελία και χαρακτηρίζονται από μέτρια ευελιξία. Οι συνήθεις όγκοι παραγωγής είναι μετρίου μεγέθους ενώ οι σχέσεις με τους προμηθευτές μπορεί να είναι μόνιμες ή περιστασιακές. Τέλος σε αυτά τα συστήματα η διασφάλιση της ποιότητας γίνεται μέσω αυστηρότερων προτύπων ενώ οι αυξομειώσεις στη ζήτηση αντιμετωπίζονται με τη χρησιμοποίηση των αποθεμάτων και την αυξομείωση του εργατικού δυναμικού.



**ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΡΟΗΣ**  
**(CONNECTED FLOW LINES)**

Οι διαδικασίες συνδεδεμένων γραμμών ροής είναι οι κλασσικές διαδικασίες συναρμολόγησης. Εδώ τα προϊόντα είναι τυποποιημένα και επιτρέπονται μόνο κάποιες μικρές αλλαγές . Ο μηχανολογικός εξοπλισμός είναι εξειδικευμένος και οι γραμμές παραγωγής ζυγισμένες πολύ καλά. Οι διάφορες λειτουργίες είναι μεγάλης χρονικής διάρκειας ,το προσωπικό λίγο και επιζητούνται οικονομίες κλίμακας. Η ευστοχία της παραγωγής είναι μεγάλη και εξαρτάται από τον τρόπο οργάνωσης της από τους εργαζόμενους και από τον εξοπλισμό. Η ταχύτητα της παραγωγής είναι μεγάλη όπως επίσης μεγάλος είναι και ο αριθμός των προϊόντων που παράγονται. Οι απαιτήσεις σε υλικά καθορίζονται από το πρόγραμμα παραγωγής. Ακόμα στα συστήματα αυτού του τύπου οι σχέσεις με τους προμηθευτές ελέγχεται από μακροχρόνια συμβόλαια .Τέλος οι αλλαγές που απαιτούνται στη διαδικασία για ιδιαίτερα προϊόντα είναι μικρές και η ποιότητα των προϊόντων είναι υψηλή και εξασφαλίζεται μέσα από συνεχείς ελέγχους.

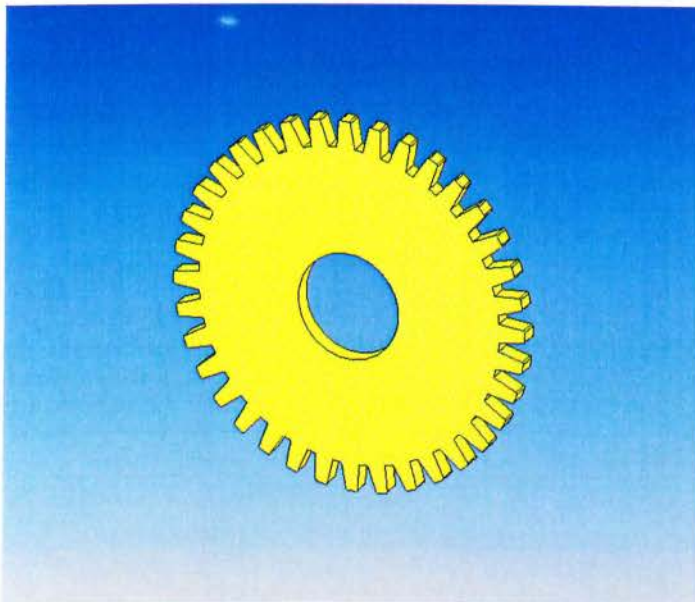
**ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΟΗΣ**  
**(CONTINUOUS FLOW LINES)**

Στις διαδικασίες συνεχούς ροής τα προϊόντα ρέουν αυτόματα από σταθμό εργασίας σε σταθμό εργασίας μέσω σταθερών συνδέσμων π.χ σωλήνες. Η παραγωγή τροφίμων ,ποτών ,χημικών και φαρμάκων γίνεται σε τέτοιου είδους συστήματα παραγωγής. Στις διαδικασίες συνεχούς ροής, τα προϊόντα είναι τυποποιημένα χωρίς, ή με ελάχιστες δυνατότητες διαφοροποίησης. Η παραγωγή νέων προϊόντων είναι σχετικά σπάνια. Η διαδικασία παραγωγής αποτελείται από προκαθορισμένα και σταθερά αλληλοσυνδεδεμένα στάδια και εκτελούνται σε εξειδικευμένα μηχανήματα. Η ταχύτητα παραγωγής όπως και ο όγκος παραγωγής είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Οι απαιτήσεις σε πρώτες ύλες καθορίζονται από το

πρόγραμμα παραγωγής. Τα διάφορα στάδια της παραγωγής είναι χρονοβόρα και επιδιώκονται οικονομίες κλίμακας , σε αυτού του είδους τα συστήματα τα μηχανήματα δεν σταματούν να λειτουργούν σχεδόν ποτέ. Τα αποθέματα ετοιμών προϊόντων μπορεί να είναι μεγάλα και τέλος η σχέση με τους προμηθευτές είναι σταθερές και υπάρχει σφιχτός έλεγχος.

### ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ

Από τα παραπάνω στοιχεία διαπιστώνουμε ότι για την κοπή των τροχαλιών της αλυσίδας σε ένα αυτοματοποιημένο εργοστάσιο κατασκευής εξαρτημάτων ποδηλάτων, που είναι η παραγωγική εργασία που επιλέξαμε να κάνουμε η καλύτερη επιλογή οργάνωσης της κυψελίδας είναι ένα σύστημα τύπου connected flow line. Εμείς θα σχεδιάσουμε το κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας στο οποίο θα γίνεται η κοπή των τροχαλιών από πλάκες χάλυβα πάχους 10mm.



### 3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΡΟΜΠΟΤ – ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ – ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

#### ΕΠΙΛΟΓΗ ΡΟΜΠΟΤ

Ύστερα από μια έρευνα που κάναμε στο Internet στα site από εταιρείες που κατασκευάζουν ρομπότ επιλέξαμε 3 πιθανά ρομπότ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κοπή με νερό. Τα χαρακτηριστικά του κάθε ρομπότ φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Έτσι έχουμε :

<u>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</u>	<u>Μοντέλα ρομπότ</u>		
	<u>Fanuc</u> S-500iB	<u>Motoman</u> UP20	<u>ABB</u> IRB 2400
<u>Κατασκευάστρια εταιρεία</u>			
<u>Βασικά χαρακτηριστικά</u>			
6 Axes	X	X	X
Manual Programming	X	X	X
Continuous-path Control	X	X	X
<u>Άλλα χαρακτηριστικά</u> (Τα αξιολογούμε από 0 έως 10 βάζοντας και τον κατάλληλο συντελεστή )			
Reach (x2)	9	8	7
Payload (x3)	8	9	9
Repeatability (x2)	4	8	8
Noise(x1)	8	8	8
Ease of programming (x4)	8	7	8
Weight robot (x2)	5	9	7
Safety (x4)	7	7	9
Ambient temperture (x2)	8	7	7
Humidity (x2)	7	6	7
Price (x4)	7	7	8
<b>Total</b>	<b>186</b>	<b>195</b>	<b>207</b>

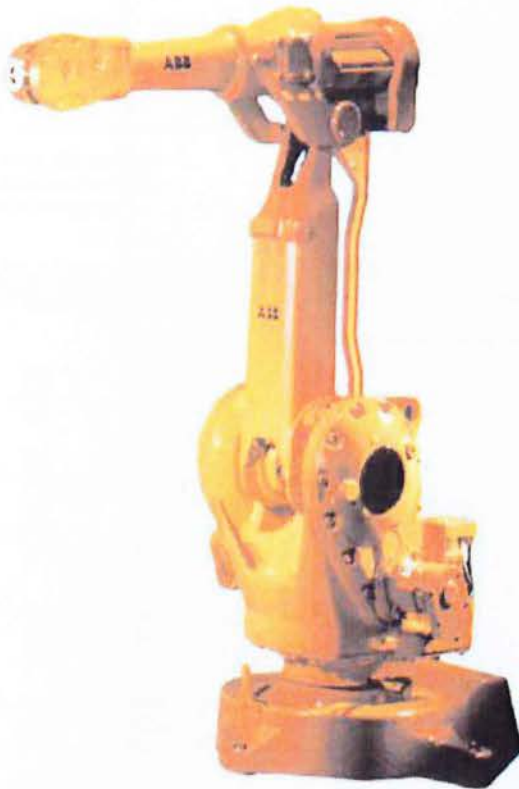
Βλέποντας τα αποτελέσματα επιλέγουμε τελικά το ρομπότ IRB 2400 της εταιρίας ABB Robotics. Στη συνέχεια παραθέτουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ρομπότ:

## IRB 2400

### Industrial Robot

#### MAIN APPLICATIONS

- Arc welding
- Assembly
- Cleaning
- Cutting/Deburring
- Glueing/Sealing
- Grinding/Polishing
- Machine tending
- Material handling
- Packing



#### Most popular industrial robot

IRB 2400 is the world's most popular industrial robot, with a total of 14,000 installations. It comprises a complete family of application optimized robots that maximize the efficiency of your arc welding, process and tending applications.

IRB 2400 offers you increased production rates, reduced lead times and faster delivery for your manufactured product.

The arc welding model has 1.8 meters reach, 7 kg load capacity, large working range and slim arm and wrist. Other models offer handling capacity of up to 16 kg, 1.5 – 1.8 meters reach, excellent motion control,

large load offset and unlimited motion in axis 6. This means there's an IRB 2400 robot to give you excellent performance in your material handling, tending and process applications. All models offer you inverted mounting capability.

The compact design of the IRB 2400 ensures ease of installation. The robust construction and use of minimum parts contribute to high reliability and long intervals between maintenance.

The Foundry Plus version is washable with high pressure steam and it's supplied with increased environment protection meeting IP67 standard.

## TECHNICAL DATA, IRB 2400 INDUSTRIAL ROBOT

### SPECIFICATIONS

	IRB 2400L	IRB 2400/10	IRB 2400/16
Handling capacity	5-7 kg	10 kg	16 kg
Reach	1.8 m	1.5 m	1.5 m
Load offset	92/85 mm	100/100 mm	100/100 mm
Robot version	Foundry	Foundry Plus	Foundry Plus
Supplementary load			
Upper arm, -wrist end	1 kg	2 kg	2 kg
-rear end	10 kg	10 kg	10 kg
Base unit	35 kg	35 kg	35 kg
Number of axes			
Robot manipulator	6		
External devices	6		
Integrated signal supply			
	23 poles, 50 V DC		
	10 poles, 250 V AC		
Integrated air supply			
	Max. 8 bar		
Memory/Instructions			
Program memory	1-5 Mb, 3,000-12,000 instructions		
Storage memory	0.5-5 Mb, 3,000-35,000 instructions		
3.5" diskette drive	1.44 Mb, 15,000 instructions		

### PERFORMANCE

Positional repeatability	0.06 mm (average result from ISO test)		
Axis movements			
	IRB 2400L	IRB 2400/10	IRB 2400/16
Working range			
Positioning			
Axis 1, Rotation	360°	360°	360°
Axis 2, Arm	200°	200°	200°
Axis 3, Arm	125°	125°	125°
Re-orientation			
Axis 4, Wrist	370°	400°	400°
Axis 4, Option	-	Unlimited	Unlimited
Axis 5, Bend	240°	240°	240°
Axis 6, Rotation	800°	800°	800°
Axis 6, Option	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Max. speed			
Positioning			
Axis 1, Rotation	150°/s	150°/s	150°/s
Axis 2, Arm	150°/s	150°/s	150°/s
Axis 3, Arm	150°/s	150°/s	150°/s
Re-orientation			
Axis 4, Wrist	360°/s	360°/s	360°/s
Axis 5, Bend	360°/s	360°/s	360°/s
Axis 6, Rotation	450°/s	450°/s	450°/s

### ELECTRICAL CONNECTIONS

Supply voltage	200-600 V, 50/60 Hz
Rated power, supply transformer	4 kVA/7.8 kVA with external axes

### PHYSICAL

	IRB 2400L	IRB 2400/10	IRB 2400/16
Dimensions			
Total height	1,731 mm	1,564 mm	1,564 mm
Manipulator bases	723x600 mm	723x600 mm	723x600 mm
Weight			
Robot	380 kg	380 kg	380 kg

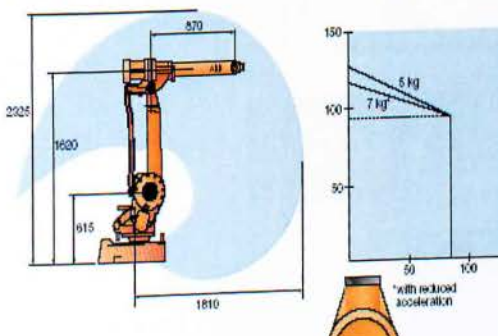
### ENVIRONMENT

Ambient temperature	
Basic manipulator in operation	5°C to 45°C
Relative humidity	
	Max. 95%
Degree of protection	
Basic version	IP 54
Foundry version	IP 65/67
Foundry Plus	IP 67 and washable
Noise level	
	Max. 70 dB (A)
Emission	
	EMC/EMI-shielded

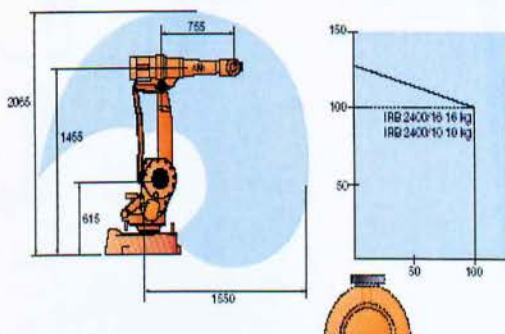
Data and dimensions may be changed without notice.

### WORKING RANGE AND LOAD DIAGRAM

IRB 2400L



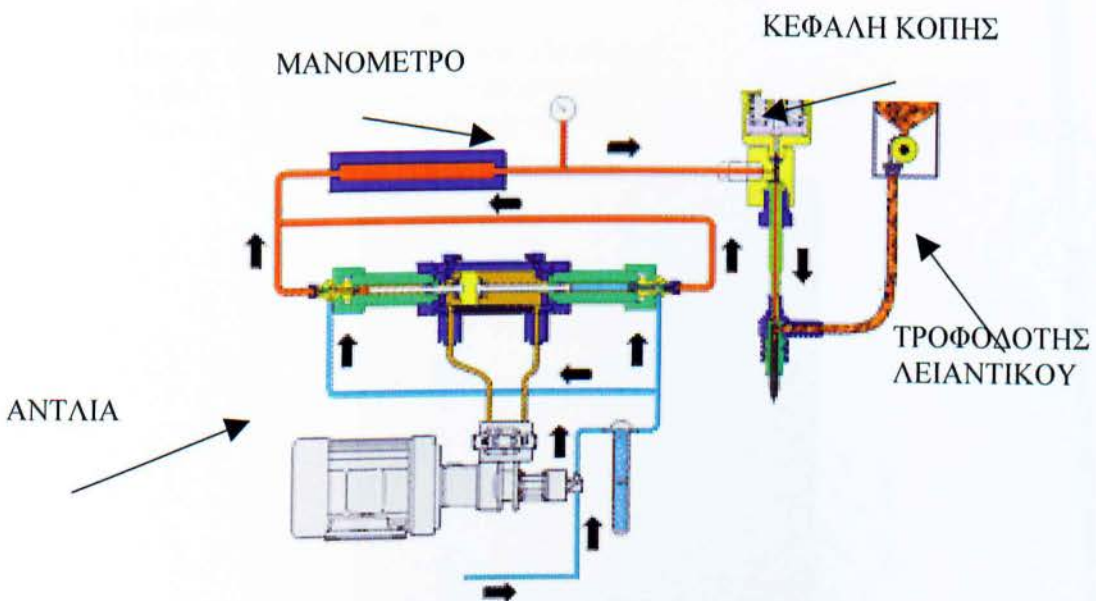
IRB 2400/10, IRB 2400/16



Το IRB 2400 είναι το δημοφιλέστερο βιομηχανικό ρομπότ παγκοσμίως με συνολικά 14.000 εγκαταστάσεις. Είναι ένα στιβαρό και γρήγορο ρομπότ που απαιτεί ελάχιστο χρόνο εγκατάστασης και η παραγωγικότητά του είναι μεγάλη πετυχαίνοντας μια γρήγορη απόσβεση στην επένδυσή μας. Έχει επαναληψιμότητα (Repeatability) :  $\pm 0.06$  (mm) και είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει ομαλή και γρήγορη μετακίνηση σε ολόκληρη την ακτίνα εργασίας του εξασφαλίζοντας πολύ υψηλή ποιότητα σε εφαρμογές κοπής. Σε έκταση οι βραχίονες φτάνουν τα 1,500 (mm) και το ωφέλιμο φορτίο που έχουμε είναι 16 (kg). Προσφέρει άριστο έλεγχο κινήσεων και έχει δυνατότητα κίνησης στους έξι άξονες . Το βάρος του είναι 380 (kg) και το επίπεδο θορύβου φτάνει τα 70 dB (A).

### ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ο βοηθητικός εξοπλισμός όσον αφορά την κοπή (όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα), αποτελείται από την αντλία, την κεφαλή κοπής, τον τροφοδότη του λειαντικού, τους σωλήνες σύνδεσης και το μανόμετρο ασφαλείας. Επίσης θα κατασκευαστεί μια δεξαμενή για να διαφεύγει το νερό, το λειαντικό και τα απόβλητα που θα δημιουργούνται κατά την κοπή και θα τα οδηγεί σε ειδικό μηχανισμό επεξεργασίας και ανακύκλωσης.



## Η αντλία

Η αντλία είναι η καρδιά του συστήματος. Η αντλία διατηρεί σε σταθερή πίεση το νερό και το κρατάει συνεχώς έτσι ώστε μια κοπτική κεφαλή να μπορεί έπειτα να μετατρέψει εκείνο το διατηρημένο σε υψηλή πίεση νερό σε υπερηχητικό ρεύμα. Θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να παρέχει πίεση πάνω από 40.000 PSI.

Επιλέγουμε το μοντέλο αντλίας AS 34 της AXIOME, ο οποίο έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Model	Max. Flow rate	Hydraulic Power
AS 25	2,5 l/min	22 kW
<b>AS 34</b>	<b>3,4 l/min</b>	<b>30 kW</b>
AS 43	4,3 l/min	37 kW
AS 50	5 l/min	45 kW
AS 100	10 l/min	75 kW

Μέγιστη πίεση: **4140 bar (60,000 psi)**.

Πίεση λειτουργίας: από 500 έως 3500 bar (7,200 έως 50,000 psi).

Παροχή: **3.4 l/min στα 3500 bar (50,000 psi)**.

1 Ενισχυτής SUGINO, 1 συσσωρευτής UHP.

Περίβλημα Soundproofed.

Πλήρης υδραυλική μονάδα και υδρόψυξη.

Βαλβίδα ασφάλειας για το αυτόματο κλείσιμο του κυκλώματος UHP.

**Ελεγκτής PLC:** υποστήριξη για τη συντήρηση και συνέχιση της λειτουργίας.



### Υδραυλική εγκατάσταση υψηλής πίεσης

Η υδραυλική εγκατάσταση μεταφέρει το νερό από την αντλία στην κοπτική κεφαλή. Ο πιο συνηθισμένος τύπος υδραυλικής εγκατάστασης είναι η ειδική σωλήνωση ανοξείδωτου χάλυβα. Η σωλήνωση έρχεται με διαφορετικά μεγέθη για διαφορετικούς λόγους.

- η σωλήνωση χάλυβα 1/4 ίντσας

λόγω της ευκαμψίας της δεν χρησιμοποιείται για να φέρει το νερό σε μεγάλες αποστάσεις. Χρησιμοποιείται για την σωλήνωση των μηχανισμών κίνησης.

- η σωλήνωση χάλυβα 3/8 ίντσας

Χρησιμοποιείται για τη σωλήνωση από την αντλία στη βάση του μηχανισμού κίνησης. Μπορεί να καμφθεί.

- η σωλήνωση χάλυβα 9/16 ίντσας

αυτή η σωλήνωση χρησιμοποιείται για να μεταφέρει το νερό σε μεγάλες αποστάσεις. Η μεγάλη εσωτερική διάμετρος μειώνει την απώλεια πίεσης. Αυτή η σωλήνωση δεν κάμπτεται. Οι σωληνώσεις αυτές χρησιμοποιούνται στις δημιουργημένες γωνίες (Τ, κλπ).

### Κοπή με νερό

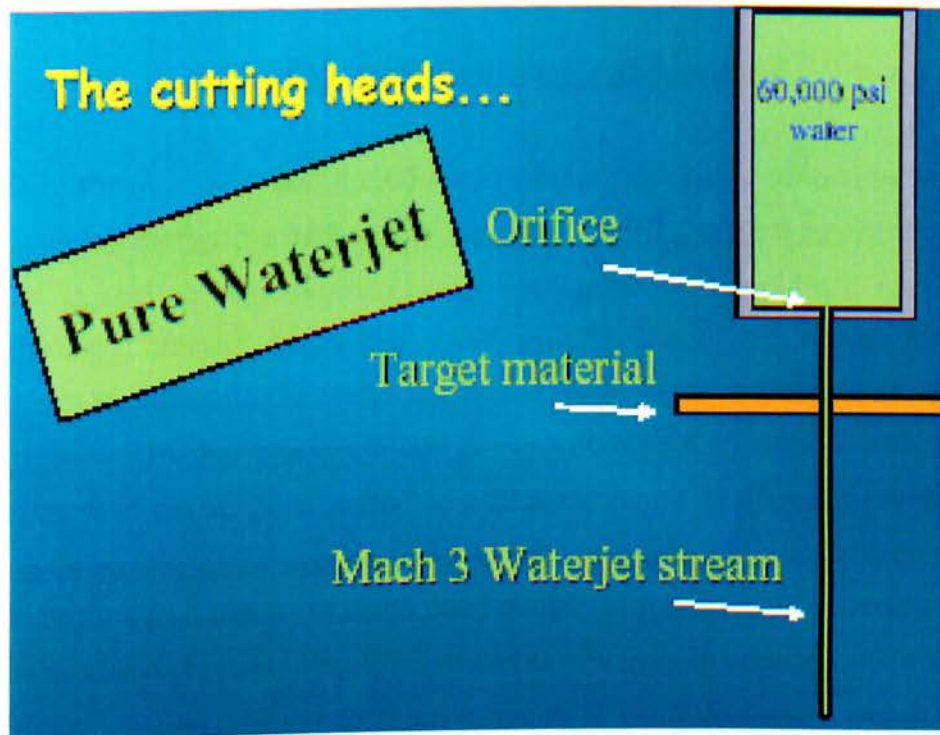
Οι δύο τύποι κοπής με νερό είναι:

- α) με καθαρό νερό.
- β) με νερό και λειαντικό.

Οι μηχανές κοπής με νερό μπορούν να σχεδιαστούν, ώστε να χρησιμοποιούν ή το ένα, ή το άλλο ή και τα δύο μαζί.



Κοπή με καθαρό νερό



Ιδιότητες

- ΠΟΛΥ ΛΕΠΤΗ ΑΚΤΙΝΑ ΝΕΡΟΥ (0,004 ΕΩΣ 0,010 ΙΝΤΣΑ ΣΤΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΚΥΜΑΙΝΟΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ)
- ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ
- ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ ΑΠΩΛΕΙΑ ΥΛΙΚΟΥ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ
- ΚΡΥΑ ΚΟΠΗ
- ΚΟΒΕΙ ΠΟΛΥ ΛΕΠΤΑ ΚΑΙ ΠΥΚΝΑ
- ΣΥΝΗΘΩΣ ΚΟΒΕΙ ΠΟΛΥ ΓΡΗΓΟΡΑ
- ΙΚΑΝΟΣ ΝΑ ΚΟΨΕΙ ΕΛΑΦΡΙΑ ΚΑΙ ΜΑΛΑΚΑ ΥΛΙΚΑ (πχ μονωτικά υλικά και fiberglass)
- ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΧΑΜΗΛΕΣ ΚΟΠΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ
- ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΓΙΑ 24ωρη ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

- *ΕΥΚΟΛΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ*

### Κοπτικές κεφαλές για απλή κοπή με νερό

Σε αυτή την περίπτωση η διαδικασία αφαίρεσης υλικού μπορεί να περιγραφεί ως υπερηχητική διαδικασία διάβρωσης. Δεν είναι η πίεση, αλλά η ταχύτητα του νερού που σχίζει μακριά τα μικροσκοπικά μόρια του υλικού. Η πίεση και η ταχύτητα είναι δύο ευδιάκριτες μορφές ενέργειας. Αλλά πώς η πίεση του νερού της αντλίας μετατρέπεται σε ταχύτητα; Η απάντηση βρίσκεται σε έναν μικροσκοπικό λίθο. Ένας λίθος επισυνάπτεται στο στόμιο και έχει μια μικροσκοπική τρύπα στο κέντρο του. Το πεπιεσμένο νερό περνά μέσω αυτού του μικροσκοπικού ανοίγματος μεταβάλλοντας την πίεση σε ταχύτητα. Σε περίπου 40.000 PSI το ρεύμα που περνά από το στόμιο έχει ταχύτητα ίση με 2 mach και σε 60.000 PSI η ταχύτητα είναι πάνω από 3 mach.

Οι τρεις κοινοί τύποι υλικών για τον λίθο που χρησιμοποιείται στο στόμιο είναι ο σάπφειρος, το ρουμπίνι και το διαμάντι και κάθε ένα έχει ξεχωριστές ιδιότητες. Ο σάπφειρος είναι το πιο κοινό υλικό στομίων χρησιμοποιούμενο σήμερα. Έχει ρεύμα νερού αρκετά καλής ποιότητας, και διάρκεια, με υψηλή ποιότητα νερού, περίπου 50 έως 100 κοπτικές ώρες. Στις λειαντικές waterjet εφαρμογές η ζωή του σαπφείρου είναι το 1/2 αυτής των καθαρών waterjet εφαρμογών. Οι σάπφειροι κοστίζουν χαρακτηριστικά μεταξύ \$15 και \$30 ο καθένας.

Το ρουμπίνι μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στις λειαντικές waterjet εφαρμογές. Η ποιότητα του ρεύματος του νερού είναι καλή στην λειαντική κοπή με νερό, αλλά όχι τόσο καλή στην καθαρή κοπή. Το κόστος είναι περίπου το ίδιο με το σάπφειρο.

Το διαμάντι έχει αρκετά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (800 έως 2.000 ώρες) αλλά είναι 10 έως 20 φορές ακριβότερο. Το διαμάντι είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν απαιτείται συνεχής 24ωρη λειτουργία. Τα διαμάντια, μπορούν μερικές φορές να καθαριστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν.

ΥΛΙΚΟ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ	ΧΡΗΣΗ	ΣΧΟΛΙΑ
<i>Σάπφειρος</i>	50 έως 100 ώρες	Καθαρή κοπή με νερό	Το πιο διαδεδομένο, η ζωή του πέφτει στο ½ για τις λειαντικές waterjet εφαρμογές.
<i>Ρουμπίνι</i>	50 έως 100 ώρες	Κοπή με λειαντικό	Ρεύμα μη κατάλληλο για τις καθαρές waterjet εφαρμογές
<i>Διαμάντι</i>	800 έως 2.000 ώρες	Και για τα δύο	10 έως 20 φορές ακριβότερο

### Κοπή με λειαντικό

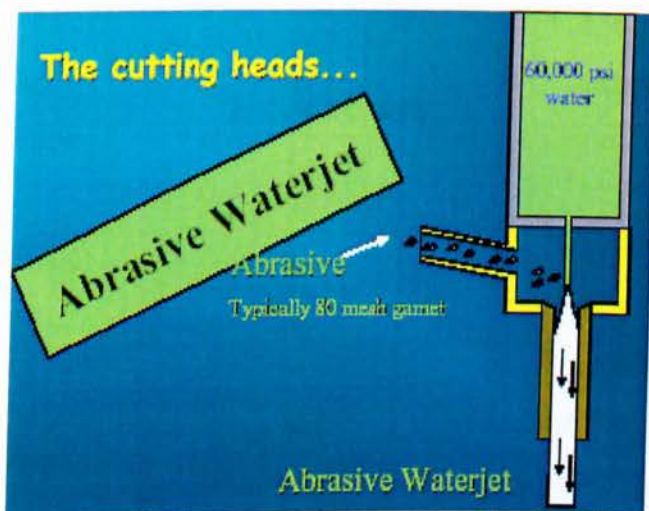
Διαφέρει από το προηγούμενο στο ότι τα μόρια του νερού δεν είναι εκείνα που κόβουν το υλικό, αλλά επιταχύνουν τα μόρια του λειαντικού και αυτά είναι που πραγματοποιούν την κοπή με διάβρωση. Είναι κατά εκατοντάδες, αν όχι χιλιάδες, φορές ισχυρότερο από την καθαρή κοπή με νερό. Αν η καθαρή κοπή με νερό είναι καλή για τα μαλακά υλικά, υλικά όπως τα μέταλλα, η πέτρα, τα σύνθετα και τα κεραμικά απαιτούν κοπή με λειαντικό.

### Ιδιότητες

- ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΕΥΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ
- ΚΑΜΙΑ ΠΛΗΓΕΙΣΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΖΩΝΗ
- ΚΑΜΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΙΕΣΗ
- ΕΥΚΟΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ
- ΛΕΠΤΟ ΡΕΥΜΑ (0.020 ΕΩΣ 0,050 1ΝΤΣΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟ)
- ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

- ΛΕΠΤΗ ΚΟΠΗ ΥΛΙΚΩΝ
- ΠΑΧΟΣ ΚΟΠΗΣ 10"
- ΚΟΠΗ ΠΟΛΛΩΝ ΠΛΑΚΩΝ ΜΑΖΙ
- ΜΙΚΡΗ ΑΠΩΛΕΙΑ ΥΛΙΚΟΥ
- ΕΥΚΟΛΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ
- ΧΑΜΗΛΕΣ ΚΟΠΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ
- ΓΡΗΓΟΡΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΚΑΘΑΡΗ ΚΟΠΗ ΣΕ ΚΟΠΗ ΜΕ ΛΕΙΑΝΤΙΚΟ
- ΑΘΟΥΡΥΒΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

### Κοπτικές κεφαλές για κοπή με λειαντικό



Το λειαντικό προστίθεται αφότου δημιουργείται το καθαρό ρεύμα νερού. Κατόπιν τα λειαντικά μόρια επιταχύνονται, όπως μια σφαίρα σε ένα τουφέκι, κάτω από το σωλήνα μίξης.

Το λειαντικό που χρησιμοποιείται είναι σκληρή άμμος έχει συγκεκριμένο μέγεθος. Το πιο κοινό λειαντικό υλικό είναι ο γρανίτης. Ο γρανίτης είναι σκληρός και φθηνός.

Ο σωλήνας μίξης ενεργεί όπως η κάνη των τουφεκίων για να επιταχύνει τα λειαντικά μόρια. Οι σωλήνες είναι περίπου 3 ίντσες μακριοί, με εσωτερικές

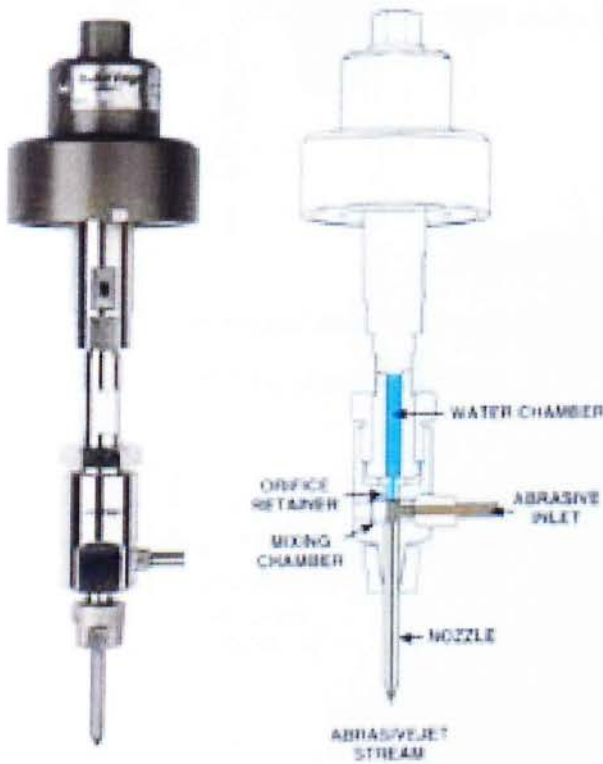
διαμέτρους που κυμαίνονται από 0,020 έως 0,060 ίντσες, με την πιο κοινή τιμή τις 0,040 ίντσες.

Μια σημαντική τεχνολογική πρόοδος του waterjet ήταν η εφεύρεση των αληθινά μακράς διάρκειας σωλήνων μίξης. Χρησιμοποιούνται διάφοροι σωλήνες μίξης που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	<b>Ζωή</b>	<b>Σχόλια</b>
Τυποποιημένο καρβίδιο βολφραμίου	4 έως 6 ώρες	Αυτοί ήταν οι αρχικοί σωλήνες μίξης. Δεν χρησιμοποιούνται πλέον, λόγω της κακής αναλογίας κόστους/ώρα. Απαιτούν πολύ συχνή αντικατάσταση.
Σύνθετο καρβίδιο χαμηλότερου κόστους	35 έως 60 ώρες	Χρησιμοποιείται για την τραχιά κοπή ή κατά την κατάρτιση ενός νέου χειριστή
Μέσης διάρκειας ζωής σύνθετο καρβίδιο	80 έως 90 ώρες	Καλό για πολλές χρήσεις καρβίδιο
Σύνθετο καρβίδιο ασφαλίστρου	100 έως 150 ώρες	Ο καλύτερης ποιότητας και πιο διαδεδομένος σωλήνας. Χρησιμοποιείται τόσο για εργασίες ακριβείας όσο και για καθημερινή χρήση.

**Επιλέγουμε κεφαλή κοπής με χρήση λειαντικού.** Ο λόγος είναι ότι στην παραγωγική μας κυβελίδα θα έχουμε κοπή σκληρών υλικών, οπότε η χρήση λειαντικού θα είναι πολύ πιο αποτελεσματική.

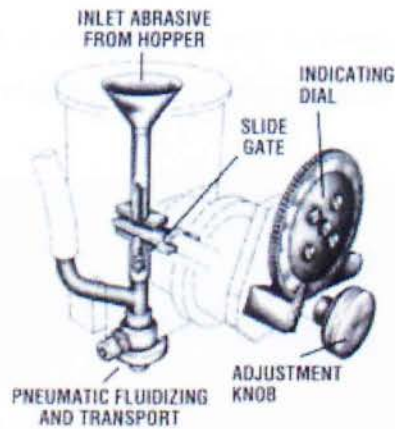
Η κεφαλή που θα χρησιμοποιήσουμε είναι η Permalign II-B της JetEdge. Η κεφαλή αυτή αποτελεί την νέα γενιά κοπτικών κεφαλών. Είναι μια ελαφριά, συμπαγής και ευπροσάρμοστη λύση για τις ανάγκες κοπής μας. Αυτό το νέο σχέδιο μειώνει το συνολικό αριθμό εξαρτημάτων και με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιεί τη συντήρηση και τις λειτουργικές δαπάνες.



#### Specifications:

Length	10.94 in (27.8 cm)
Weight	4.00 lbs (1.8 kg)
Operating air pressure (min)	60 psi (4 bar)
Water pressure (max)	60,000 psi (4100 bar)
Orifice range	.003 - .020 in (.08 - .51 mm)
Nozzle range	.020 - .065 in (.51 - 1.65 mm)

Η κεφαλή κοπής θα συνδυαστεί με το σύστημα τροφοδοσίας της JetEdge, οποίο είναι ιδανικό και για τροφοδοσία σε ρομπότ:



*Slide Gate Metering Valve*

### Μετρητής πίεσης

Χρησιμοποιούμε αναλογικό μανόμετρο της εταιρίας Rohrfeder, τύπου RSCh με δυνατότητα μέτρησης μέχρι 7000 bar.

#### **Bestellangaben (Typenaufbau):**

Bitte geben Sie in Ihrer Bestellung an:

Grundtyp und NG: **RSCh 160**  
**RSChG 160**

Bestellkennzahl für  
Material der mess-  
stoffberührten Teile: - 3

Kennbuchstaben für  
die Gehäusebauform:  
(siehe S. 2) **Rh, Fr**  
(Direktmontage ohne weitere Befestigungs-  
möglichkeit = ohne zusätzliche Kennbuch-  
staben)

Anzeigebereich: **0-5000 bar**  
**0-6000 bar** oder  
**0-7000 bar**

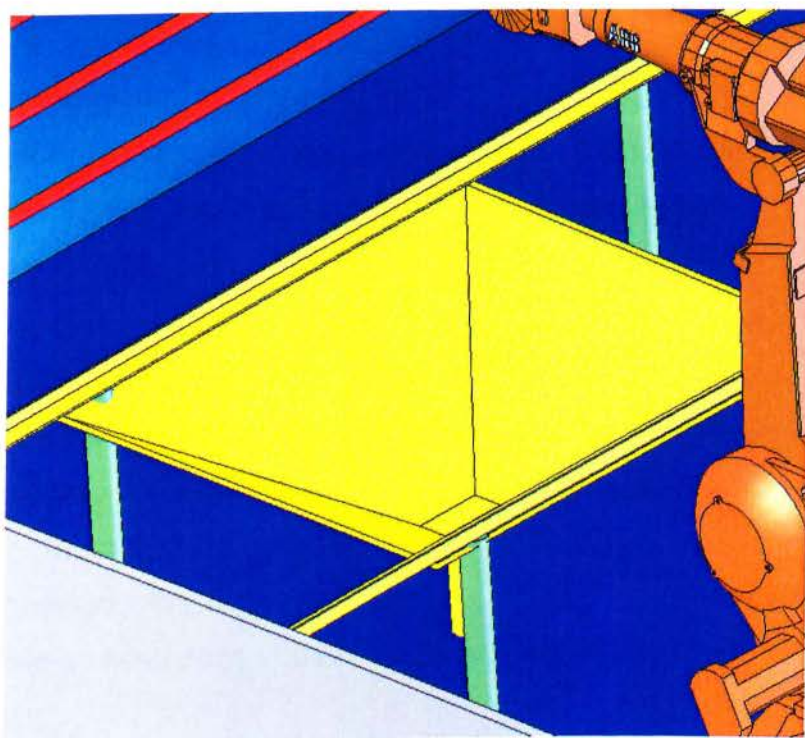
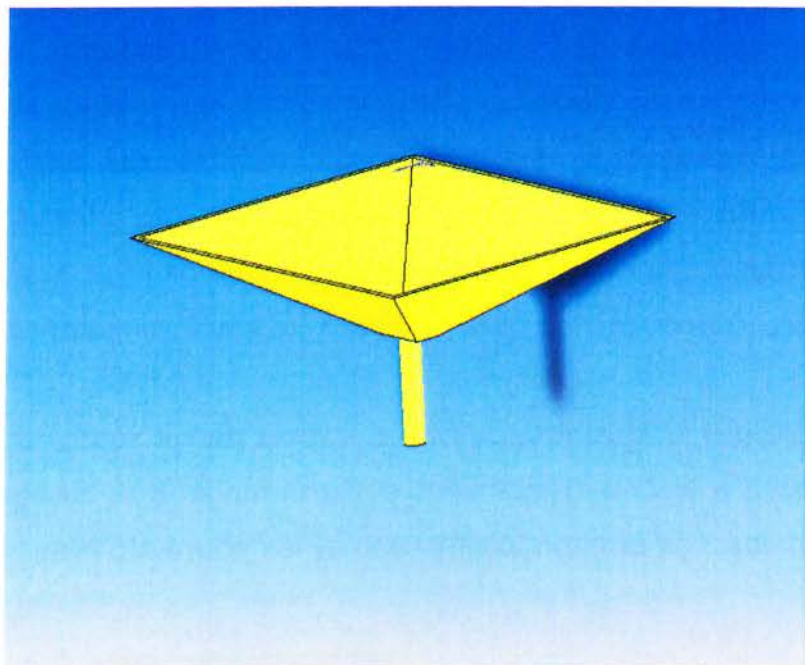
#### **Beispiele für Bestelltexte:**

- RSCh 160-3, 0-5000 bar
- RSChG 160-3, 0-7000 bar



### ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΒΟΛΗΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Θα παραγγείλουμε μια δεξαμενή η οποία θα μαζεύει τα υπολείμματα της κοπής και με ένα λούκι θα τα μεταφέρει σε κατάλληλο χώρο εκτός της κυψελίδας:





### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Το περιβάλλον εργασίας είναι συνήθως πολύ επικίνδυνο για τον άνθρωπο και αυτός είναι ένας από τους βασικούς λόγους που εισήχθησαν τα ρομπότ στη βιομηχανία. Κάποιες επικίνδυνες συνθήκες που μπορεί να επικρατήσουν είναι η βλαβερή ακτινοβολία, ο έντονος θόρυβος, τα δηλητηριώδη αέρια, η υψηλή θερμότητα και η πρόκληση σωματικών βλαβών. Έτσι εισάγοντας τα ρομπότ στη βιομηχανία προφυλάσσουμε τον εργάτη από επικίνδυνες για την υγεία του εργασίες. Βέβαια χρειάζεται και ιδιαίτερη προσοχή καθώς λειτουργούν ρομπότ σε ένα περιβάλλον εργασίας γιατί και αυτά μπορούν να γίνουν πολύ επικίνδυνα. Όταν ο εργάτης βρίσκεται πολύ κοντά στο ρομπότ είτε για να το προγραμματίσει είτε για να το συντηρήσει υπάρχουν διάφοροι κίνδυνοι όπως ηλεκτροπληξία, χτύπημα από το ρομπότ κ.α.

Για αυτό λοιπόν για να εισάγουμε ένα ρομπότ σε ένα περιβάλλον εργασίας πρέπει να πάρουμε τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας έτσι ώστε ο άνθρωπος να μην βρίσκεται σε κοντινή απόσταση και να μην επηρεάζεται από τις τυχόν διεργασίες που πραγματοποιεί.

Κάποια βασικά μέτρα ασφαλείας είναι :

- Η κατάλληλη εκπαίδευση του ειδικευμένου προσωπικού έτσι ώστε να έχει τις κατάλληλες γνώσεις λειτουργίας του ρομπότ για την συντήρησή του και για την άμεση ακινητοποίηση του σε περίπτωση σφάλματος.
- Η κατάλληλη ενδυμασία για το ειδικευμένο προσωπικό κατά τη διάρκεια λειτουργίας που θα περιλαμβάνει κράνος, ειδικές φόρμες εργασίας, προστατευτικά γυαλιά και σκληρά υποδήματα.
- Σωστή εγκατάσταση της μονάδας παραγωγής που θα περιλαμβάνει:
  - ✓ Στιβαρή τοποθέτηση του ρομπότ.
  - ✓ Την απαραίτητη απόσταση του controller για την επίβλεψη της λειτουργίας μέσω προστατευτικού τζαμιού έχοντας και τους απαραίτητους διακόπτες emergency stop για άμεση διακοπή.
  - ✓ Τις απαραίτητες γειώσεις.
  - ✓ Κάποια περίφραξη που μπορεί να είναι είτε από τοίχιο είτε από συρματοπλεγμα.

✓ Διάφορους φωτεινούς σηματοδότες οι οποίοι θα είναι αναμένει κατά τη λειτουργία του ρομπότ και θα απαγορεύουν την είσοδο.

- Κάποιες πινακίδες προειδοποίησης για τους εργαζόμενους ώστε να μην εισέρχονται στο χώρο λειτουργίας του ρομπότ παρά μόνο από το ειδικευμένο προσωπικό.

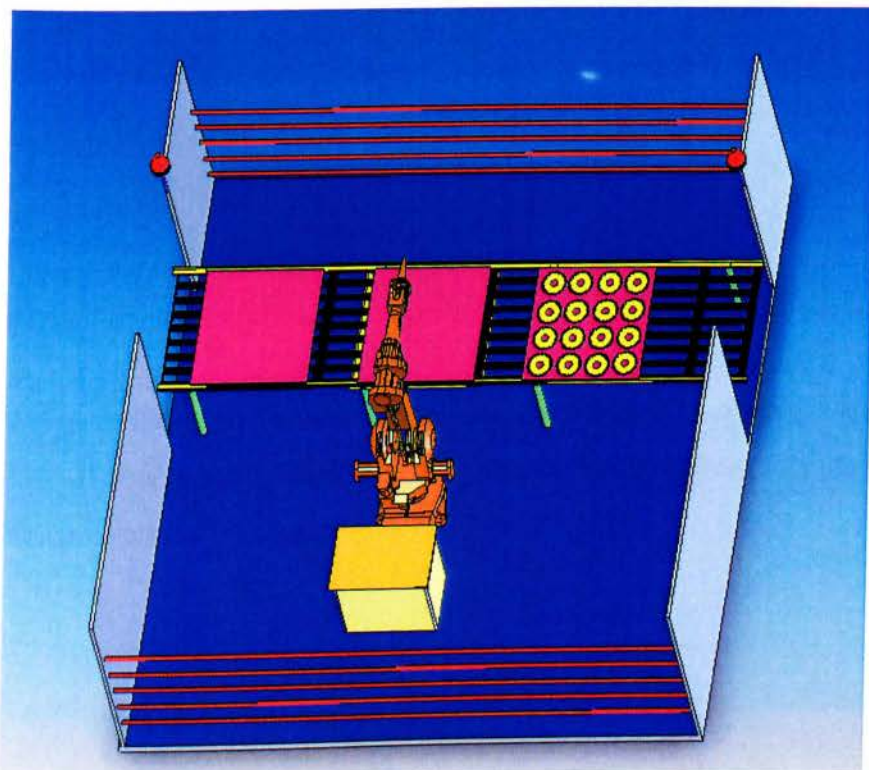
- Ο κατάλληλος προγραμματισμός του ρομπότ σε διάφορες επικίνδυνες συνθήκες όπως διακοπή ρεύματος , περίπτωση σύγκρουσης έτσι ώστε να έχει την κατάλληλη συμπεριφορά.

Πολύ σημαντικό μέτρο ασφαλείας είναι και η εισαγωγή κάποιων αισθητήριων οι οποίοι θα ελέγχουν την παρουσία εισβολέων στον χώρο εργασίας του ρομπότ. Περιλαμβάνονται δύο είδη αισθητήριων τα οποία θα ελέγχουν :

α) Την διείδυση του εισβολέα στην περίμετρο του χώρου εργασίας.

Αυτό θα γίνεται χρησιμοποιώντας αισθητήρια λέιζερ τα οποία θα καταλαβαίνουν την παραβίαση της περιμέτρου του χώρου εργασίας αφού θα διακόπτεται η ακτίνα φωτός που φτάνει στη φωτοδίοδο του αισθητήρα.

Τα αισθητήρια αυτά φαίνονται στην παρακάτω εικόνα με τις κόκκινες ακτίνες φωτός του λέιζερ.



β) Την διεύθυνση του εισβολέα στην περίμετρο του ρομπότ.

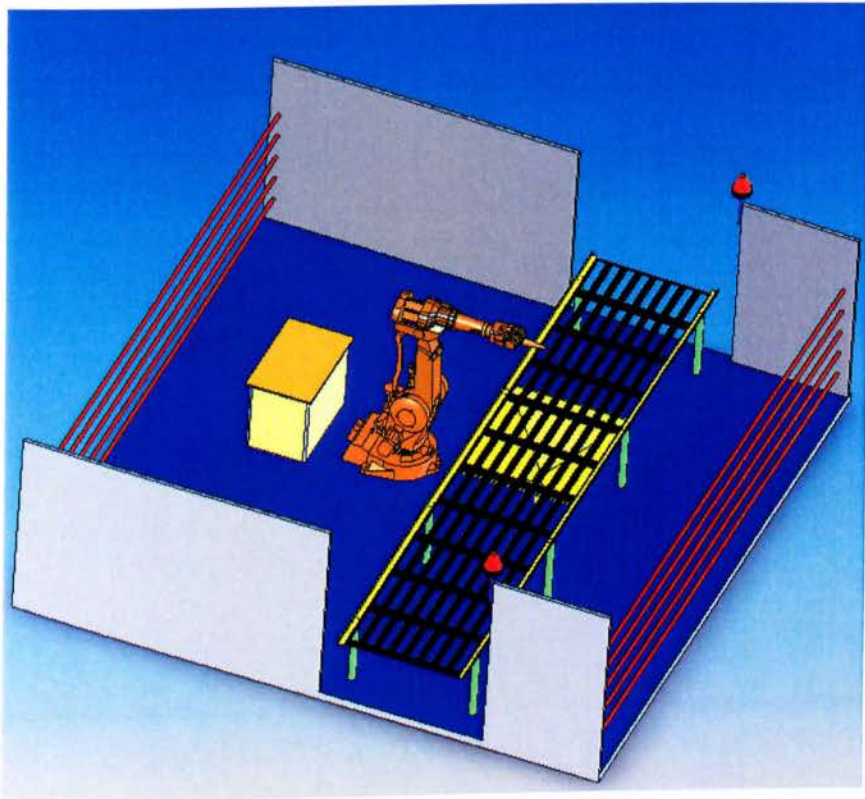
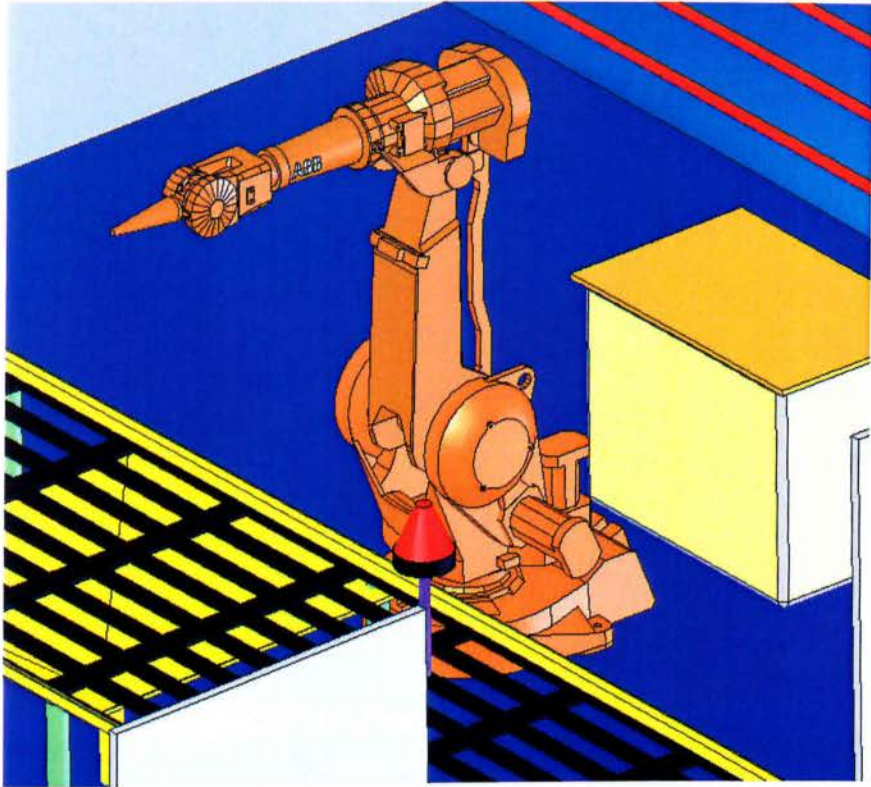
Αυτό θα γίνεται χρησιμοποιώντας αισθητήρια εγγύτητας (proximity sensors) οι οποίοι θα είναι τοποθετημένοι πάνω στο ρομπότ και θα καταλαβαίνουν την παραβίαση της περιμέτρου του ρομπότ όταν αυτό βρίσκεται σε λειτουργία.

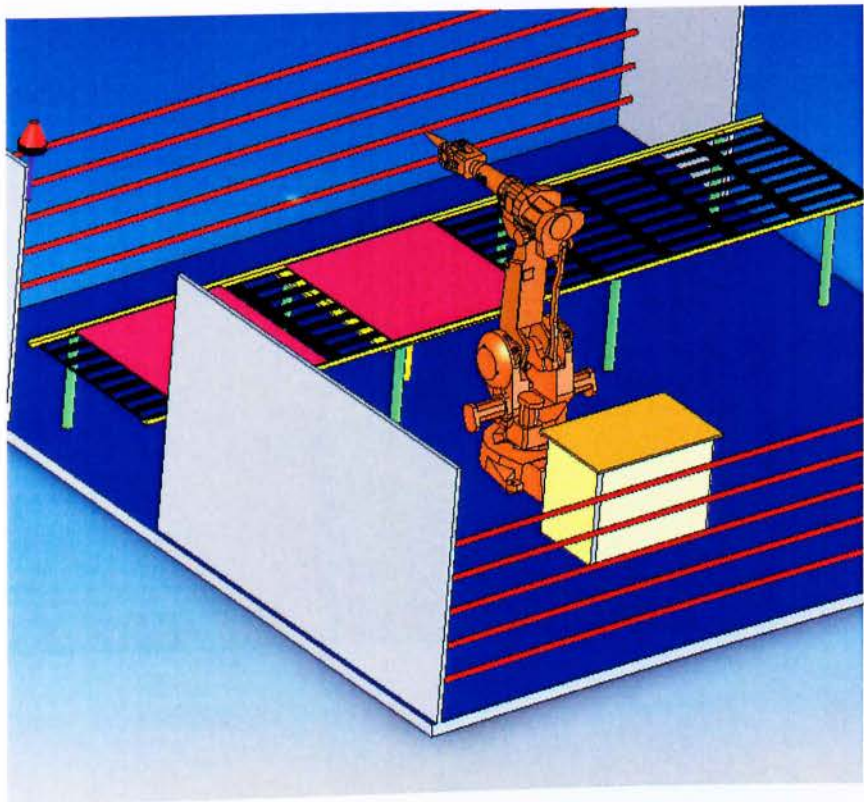
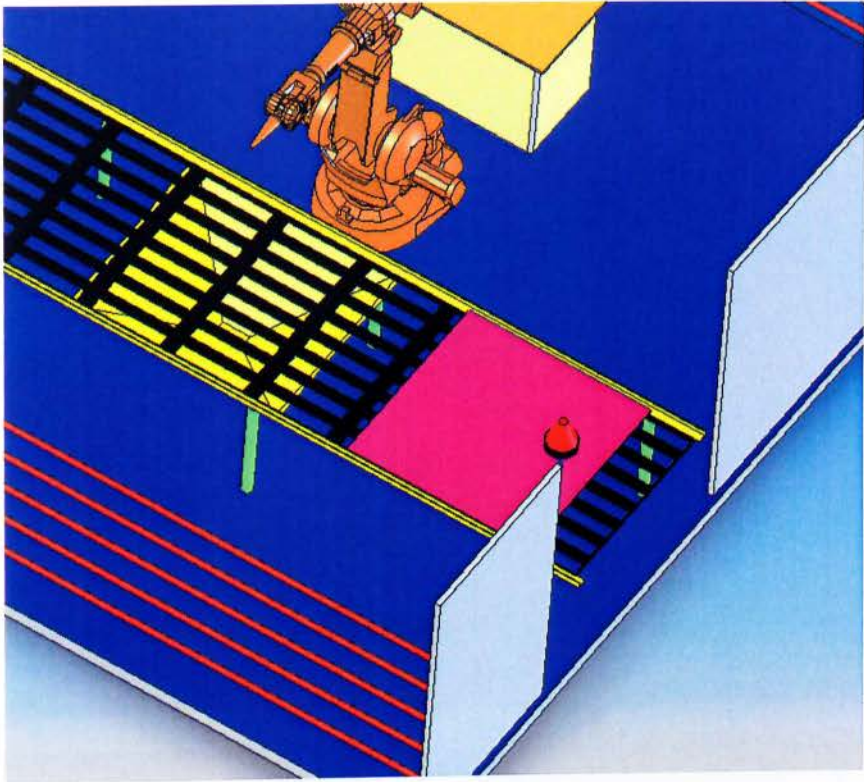
Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την περίμετρο του ρομπότ που έχει ακτίνα 1,500 (mm).

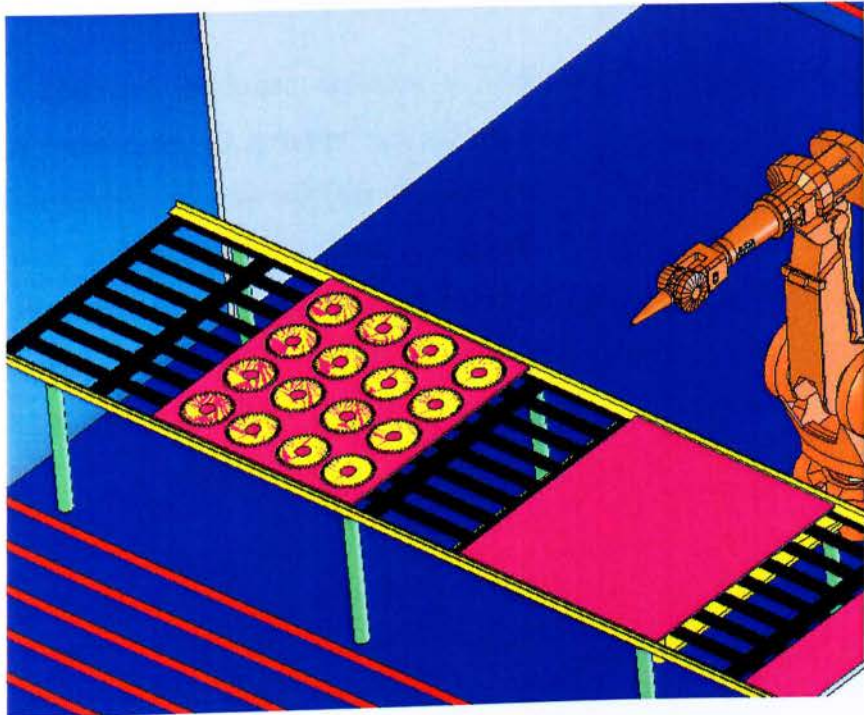
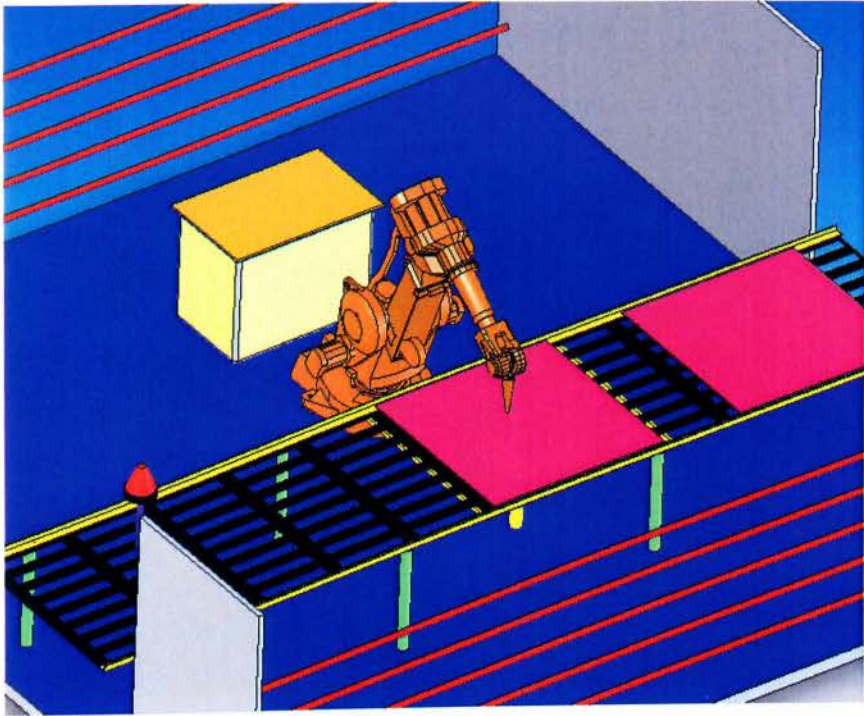


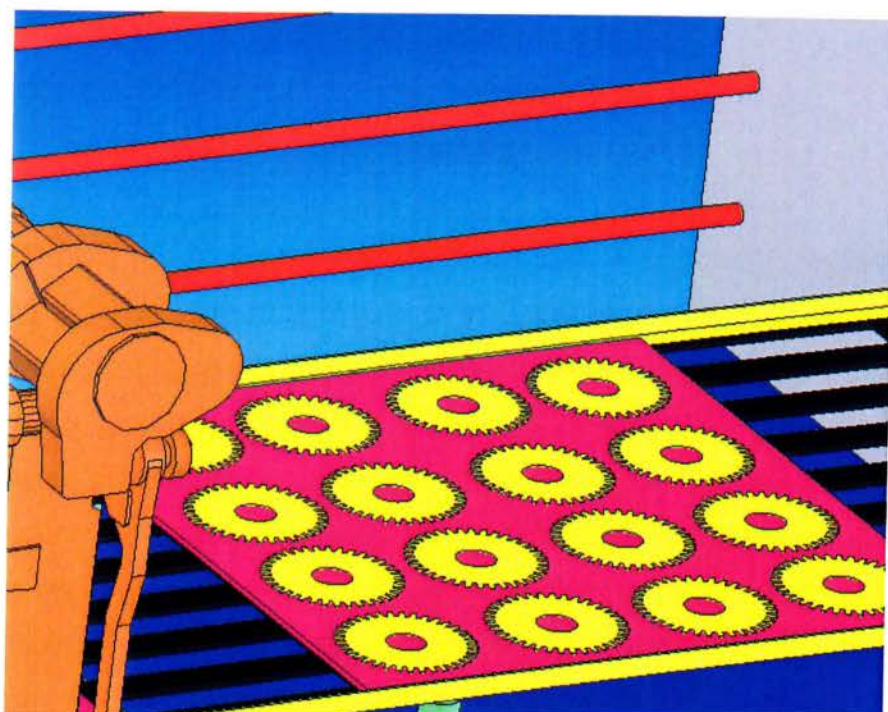
Όταν τα αισθητήρια αυτά αντιληφθούν κάποιων εισβολέα τότε αμέσως ενεργοποιείται ο συναγερμός, ανάβουν οι κόκκινοι σηματοδότες και διακόπτεται η λειτουργία του ρομπότ.

#### 4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΥΨΕΛΙΔΑΣ









Στα παραπάνω σχήματα φαίνεται η διαδικασία που ακολουθείται κατά την παραγωγική διαδικασία. Ο ιμάντας που μεταφέρει τις πλάκες του χάλυβα όλη τη γραμμή παραγωγής, περνάει κάποια στιγμή από το σημείο της κοπής. Μία μία οι λαμαρίνες από χάλυβα περνάνε από το ρομπότ και κόβονται, με αποτέλεσμα να παίρνουμε 16 τροχαλίες από κάθε πλάκα. Τα απόβλητα (νερό, λειαντικό και τρίμματα κοπής) περνάνε από το διάκενο του ιμάντα και πέφτουν στην δεξαμενή που τα συλλέγει και τα μεταφέρει αλλού.

## 5. ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

### Σημασία

Στα πλαίσια της λήψης αποφάσεων που καλείται να πάρει το διευθύνων τμήμα μιας επιχείρησης πέρα από τα ζητήματα που εξετάσαμε παραπάνω, όπως είναι η επιλογή του ρομπότ, τα ζητήματα ασφάλειας, ο τρόπος οργάνωσης της παραγωγής, κλπ, έγκειται και ζητήματα οικονομικής φύσεως. Με λίγα λόγια είναι απαραίτητη μια τεchnοοικονομική ανάλυση η οποία θα απαντήσει ουσιαστικά στο ερώτημα αν θα πρέπει η εταιρία να προβεί στην αγορά του ρομπότ. Αν δηλαδή η αγορά αυτή θα αποτελεί μια κερδοφόρα επένδυση η οποία θα αυξήσει τα κέρδη της εταιρίας ή αν τελικά θα αποδειχθεί ζημιογόνος. Σαν συμπέρασμα προκύπτει ότι μια τέτοια ανάλυση είναι ιδιαίτερης σημασίας και ίσως θα πρέπει να γίνεται σε πρώτο στάδιο και στη συνέχεια να λυθούν οι περαιτέρω αποφάσεις.

Γενικά τα κόστη που προκύπτουν από την εγκατάσταση ενός ρομπότ χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- α) επενδυτικά κόστη
- β) λειτουργικά κόστη

Τα επενδυτικά κόστη είναι:

- Το κόστος για την απόκτηση του ρομπότ μαζί με τον περαιτέρω εξοπλισμό που χρειάζεται για να ικανοποιηθούν οι διάφορες λειτουργίες.
- Το κόστος που απαιτείται έτσι ώστε το τμήμα των μηχανικών της εταιρίας να σχεδιάσει το περιβάλλον της εγκατάστασης του ρομπότ.
- Το κόστος που προκύπτει από την διαμόρφωση του χώρου προκειμένου να προχωρήσουμε στην τελική εγκατάσταση του ρομπότ (υδραυλική εγκατάσταση, θάλαμος, σύστημα ασφαλείας, κλπ).
- Το κόστος που δημιουργείται από την αγορά εργαλείων τα οποία θα υποστηρίξουν την γενική λειτουργία της κυψελίδας (πχ ταινιόδρομοι).



Τα λειτουργικά κόστη είναι:

- Το άμεσο κόστος λειτουργίας του ρομπότ που έχει να κάνει πχ με την πληρωμή των εργαζομένων που απασχολούνται στην παραγωγή.
- Το έμμεσο κόστος λειτουργίας που σχετίζεται με την επίβλεψη ή τον προγραμματισμό που πιθανόν θα χρειαστεί το ρομπότ κατά την λειτουργία του.
- Το κόστος συντήρησης. Σε αυτή την ομάδα περιλαμβάνονται τα κόστη που δημιουργούνται λόγω της απαραίτητης συντήρησης την οποία θα χρειάζεται η ρομποτική μονάδα, καθώς και αυτά που προκύπτουν γενικά από την αντικατάσταση των αναλώσιμων ειδών (πχ αλλαγή του θαλάμου μίξης, αλλαγή του λίθου στην άκρη του ακροφυσίου, κλπ).
- Τα απαραίτητα εφόδια. Εδώ συγκαταλέγεται το κόστος που προκύπτει από την κατανάλωση των μονάδων ενέργειας (πχ ηλεκτρισμός), όπως επίσης και η άμμος γρανίτη που χρησιμοποιούμε ως λειαντικό.
- Το κόστος εκπαίδευσης. Είναι το κόστος που δαπανάται για την κατάρτιση και την εκπαίδευση των εργαζομένων πάνω στην χρήση της ρομποτικής κυψελίδας. Θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στο αρχικό κόστος επένδυσης, όμως γενικά η εκπαίδευση των εργαζομένων είναι μια συνεχή διαδικασία, γι' αυτό και εντάσσεται στα λειτουργικά κόστη.

Στην διεθνή βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται γενικά τρεις μέθοδοι για την προσέγγιση του ζητήματος της οικονομικής ανάλυσης. Οι μέθοδοι αυτοί είναι οι εξής:

- Pay-back method (είναι αυτή που θα χρησιμοποιήσουμε).
- Equivalent uniform annual cost method.
- Return on investment method.

Η Payback method υπολογίζει τον χρόνο που χρειάζεται έτσι ώστε να γίνει η απόσβεση από την αγορά του ρομπότ. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην παρακάτω φόρμουλα:

$$n = \frac{IC}{NACF}$$

όπου:

n, η περίοδος απόσβεσης

IC, κόστος επένδυσης

NACF, κέρδη ανά περίοδο χρόνου.

Για να κρίνεται επιτυχημένη η αγορά του ρομπότ θα πρέπει η περίοδος απόσβεσης να κυμαίνεται από 2 έως 3 χρόνια.

Οι δύο άλλες μέθοδοι υπολογίζουν τον χρόνο απόσβεσης συνυπολογίζοντας και την πιθανή διακύμανση του χρήματος για τα επόμενα χρόνια. Γι' αυτό εμείς προτιμήσαμε την pay-back method καθώς μας δίνει και μια καλή προσέγγιση του προβλήματος χωρίς να μπορούμε σε σύνθετες οικονομικές αναλύσεις.

#### Υπολογισμός του κόστους επένδυσης:

• Τιμή του ρομπότ	=	39000€
• Αντλία	=	13000€
• Μανόμετρο	=	800€
• Σύστημα τροφοδοσίας λειαντικού=		850€
• Κεφαλή κοπής με θάλαμο μίξης=		4200€
• Υδραυλικό σύστημα	=	6000€
• Δεξαμενή συγκέντρωσης νερού=		1000€
• Ταινιόδρομος (5μ)	=	5000€
• Για τη διαμόρφωση του χώρου χρειάστηκε ένα σύνολο		

μηχανικών και τεχνικών οι οποίοι ανέλαβαν την υδραυλική εγκατάσταση και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, την διαμόρφωση του χώρου όπου στεγάζεται η ρομποτική

κυβελίδα, καθώς και την τοποθέτηση των συστημάτων ασφαλείας. Για όλα αυτά χρειάστηκε εργασία 10 ημερών και το κόστος ήταν = 15000€

Άρα το συνολικό κόστος επένδυσης είναι: **84850€**

**Υπολογισμός του κέρδους ανά περίοδο χρόνου:**

	Cut speed					
	60,000 psi			40,000 psi		
Orifice	.010/.030	.014/.040	.018/.050	.010/.030	.013/.040	
Water	.5 gpm	.96 gpm	1.6 gpm	.42 gpm	.71 gpm	
Abrasive	.9 lb/min	1.4 lb/min	2.5 lb/min	.6 lb/min	1.0 lb/min	
Horsepower	25	50	80	11	25	
<b>Aluminum</b>	1/4"	53.6	76.1	100.7	27.1	39.6
	1/2"	25.4	36.0	47.7	12.8	18.8
	1"	11.3	16.0	21.2	5.7	8.3
<b>Granite (gemete)</b>	1/4"	94.6	134.1	177.7	47.7	69.9
	1/2"	44.8	63.5	84.1	22.6	33.1
	1"	19.9	28.2	37.4	10.0	14.7
<b>Graphite/ Epoxy</b>	1/4"	145.6	206.5	273.5	73.4	107.6
	1/2"	69.0	97.8	129.6	34.8	51.0
	1"	30.6	43.5	57.6	15.5	22.6
<b>Inconel</b>	1/4"	18.1	25.7	34.0	9.1	13.4
	1/2"	8.6	12.1	16.1	4.3	6.3
	1"	3.8	5.4	7.1	1.9	2.8
<b>Marble (gemete)</b>	1/4"	111.5	158.0	209.3	56.2	82.3
	1/2"	52.8	74.9	99.2	26.6	39.0
	1"	23.5	33.3	44.1	11.8	17.3
<b>Glass</b>	1/4"	102.9	145.9	193.3	51.9	76.0
	1/2"	48.7	69.1	91.6	24.6	36.0
	1"	21.7	30.7	40.7	10.9	16.0
<b>Steel (mild)</b>	1/4"	21.3	30.2	40.0	10.7	15.7
	1/2"	10.1	14.3	18.9	5.1	7.4
	1"	4.5	6.3	8.4	2.3	3.3
<b>Steel (stn)</b>	1/4"	19.8	28.1	37.3	10.0	14.7
	1/2"	9.4	13.3	17.6	4.7	6.9
	1"	4.2	5.9	7.8	2.1	3.1
<b>Titanium (6Al4V)</b>	1/4"	25.8	36.6	48.5	13.0	19.1
	1/2"	12.2	17.3	23.0	6.2	9.0
	1"	5.4	7.7	10.2	2.7	4.0

Note: Maximum cut speed. For a quality surface finish, cut speed should be multiplied by 0.40. All materials listed above were cut with FLOW's PAPER 3 system and Paper® Plus Camet.

Αν υποθέσουμε ότι η λειτουργία κατά την διάρκεια της κοπής θα είναι στα 50000psi με 30hp, τότε από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε να υπολογίσουμε ότι για την κοπή των 16 τροχαλιών από κάθε φύλλο λαμαρίνας (δηλαδή κοπή συνολικού

μήκους – περίμετρος της κάθε τροχαλίας – 0,67m \* 16 τροχαλίες = 10,72m = 35,16 feet) θα απαιτούνται περίπου:

$35,16 / (10 * 0,2) = 18 \text{ sec.}$  Και αν υποθέσουμε ότι χρειάζεται περίπου 32 ακόμα δευτερόλεπτα για την μετακίνηση της λαμαρίνας και τον νεκρό χρόνο κοπής, τότε θα κόβουμε 16 τροχαλίες σε μισό λεπτό, δηλαδή 1152 τροχαλίες την ώρα. Αν υποθέσουμε ότι έχουμε έσοδα (έχοντας πληρώσει και τις πρώτες ύλες σε λαμαρίνα και ενέργεια) από κάθε τροχαλία 0.04€, τότε τα έσοδα ανά ώρα είναι: **46€ / ώρα.**

### Υπολογισμός λειτουργικού κόστους:

- Η επιχείρηση θα δουλεύει σε δύο βάρδιες. Για τον χειρισμό της ρομποτικής κυψελίδας χρειάζεται ένα άτομο ανά βάρδια, το οποίο θα έχει την γενικότερη επίβλεψη και θα πληρώνεται με 10€ την ώρα.

- Κόστος συντήρησης και επαναπρογραμματισμού: από μια σχετική εκτίμηση κρίθηκε ότι χρειάζονται 3000€ στα τρία χρόνια για συντήρηση του ρομπότ που αναλαμβάνεται από εξειδικευμένο προσωπικό της εταιρίας που προμηθευτήκαμε το ρομπότ. Άρα το κόστος της συντήρησης ανά ώρα λειτουργίας είναι  $3000 / (3\text{χρόνια} * 250\text{μέρες} * 16\text{ώρες}) = 0,25\text{€/ώρα.}$

- Υπολογισμός κόστους από τα αναλώσιμα είδη: ο λίθος ο οποίος βρίσκεται στην άκρη του ακροφυσίου (σάπφειρος) χρειάζεται αντικατάσταση ανά 60 ώρες λειτουργίας και κοστίζει 20€. Άρα κόστος ανά ώρα = 3€/ώρα. Ο σωλήνας μίξης από σύνθετο καρβίδιο ασφαλιστού αντικαθίσταται κάθε 100 ώρες και κοστίζει 85€. Δηλαδή 1,1€/ώρα. Τέλος η διαδικασία κοπής καταναλώνει λειαντικό μέσο με ρυθμό 700γρ/λεπτό, το οποίο κοστίζει 0,5€/kg. Άρα το κόστος λειτουργίας ανά ώρα είναι 21€. Σε όλα αυτά προσεγγιστικά υπολογίζουμε και άλλα αναλώσιμα είδη, όπως φίλτρα νερού και έτσι το τελικό κόστος για τα αναλώσιμα είναι 27€/ώρα.

Άρα το συνολικό λειτουργικό κόστος είναι: **37,25€/ώρα.**

Άρα ο χρόνος απόσβεσης είναι:

$$n = \frac{IC}{NACF} = \frac{84850}{46 * (250 * 16) - 37,25 * (250 * 16)} = 1,8 \text{ χρόνια}$$

Παρατηρούμε ότι ο χρόνος απόσβεσης είναι κοντά στα δύο χρόνια, άρα η επιλογή του ρομπότ είναι απόλυτα σωστή επιλογή.



## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- INTERNET

- ✓ [www.google.com](http://www.google.com)
- ✓ [www.waterjet.org](http://www.waterjet.org)
- ✓ [www.robotics.org](http://www.robotics.org)
- ✓ [www.abb.com](http://www.abb.com)
- ✓ [www.motoman.com](http://www.motoman.com)
- ✓ [www.fanucrobotics.com](http://www.fanucrobotics.com)
- ✓ [www.jetedge.com](http://www.jetedge.com)
- ✓ [www.axiome.com](http://www.axiome.com)
- ✓ [www.rohrfeder.com](http://www.rohrfeder.com)
- ✓ [www.flowcorp.com](http://www.flowcorp.com)

- οι τιμές για τα αναλώσιμα είναι από το site:

- ✓ [www.barton.com](http://www.barton.com)

- BΙΒΛΙΑ

- ✓ **INDUSTRIAL ROBOTICS (TECHNOLOGY, PROGRAMMING AND APPLIXATIONS), MIKELL GROOVER, MITCHELL WEISS, ROGER NAGEL, NICHOLAS ODREY.**