

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ:
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ, ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΣΗΜΕΡΙΝΕΣ
ΤΑΣΕΙΣ

Διπλωματική Εργασία που παρουσιάστηκε στο Πολυτεχνείο Κρήτης στα
πλαίσια των απαιτήσεων απόκτησης Διπλώματος της Σχολής Μηχανικών
Παραγωγής και Διοίκησης

ΜΑΥΡΟΜΑΝΩΛΑΚΗΣ ΜΑΝΩΛΗΣ

Εισηγητής Καθηγητής: ΕΜΙΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

*Στους Νίκο,
Ελευθερία,
Γιώργο*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ	2
1.2 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΩΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ	3
2. ΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ	5
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	6
2.2 ΟΡΙΣΜΟΙ	7
2.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ	10
2.3.1 Αρχή Λειτουργίας	11
2.3.2 Τρόπος Λειτουργίας	12
2.3.3 Γεωμετρικός Σχηματισμός	13
2.3.4 Τύπος Προσδοκώμενης (Εξειδικευμένης) Εφαρμογής	16
2.3.5 Τύπος Μετάδοσης Κίνησης	17
2.4 ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	18
3. Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ	22
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	23
3.2 Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΟΜΠΟΤ ΣΤΙΣ Η.Π.Α.	24
3.3 Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΟΜΠΟΤ ΣΤΗΝ ΙΑΠΩΝΙΑ	27
3.3.1 Ιαπωνία, μια από τις ισχυρότερες χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο στον τομέα της ρομποτικής	30
3.4 Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΟΜΠΟΤ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	32
4. Η ΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ	35
4.1 Ο ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ	36
4.2 ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΖΗΤΗΣΗ	39
5. Η ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	44
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	45
5.2 ΟΙ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	46
5.2.1 Η εταιρεία Ζήνων Α.Ε.	47
5.3 ΛΟΓΟΙ ΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	49

5.4 ΟΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	53
6. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ	55
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	56
6.2 ΒΑΦΗ ΜΕ ΨΕΚΑΣΜΟ	57
6.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ	63
6.4 ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ	70
6.4.1 Σημειακή ηλεκτροσυγκόλληση (Ποντάρισμα)	71
6.4.2 Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου	73
6.4.3 Σύγκριση των δύο μεθόδων	77
6.4.4 Πληθυσμός - Πρόβλεψη	79
6.5 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ	83
6.6 ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΜΗΤΡΕΣ	90
7. ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	96
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	97
7.2 ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	99
7.3 ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	102
7.4 ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	107
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	110
8.1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ	111
8.2 Η ΝΕΑ ΓΕΝΙΑ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	117
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	120

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας 2.1</i>	Οι ανακαλύψεις στον τομέα της ρομποτικής και οι πρώτες εφαρμογές	21
<i>Πίνακας 3.1</i>	Νέες παραγγελίες στις Η.Π.Α.	26
<i>Πίνακας 3.2</i>	Ιαπωνία: παραγωγή βιομηχανικών ρομπότ	27
<i>Πίνακας 3.3</i>	Ιαπωνία: κατανομή μονάδων ρομπότ	28
<i>Πίνακας 3.4</i>	Χρήση ρομπότ κατά βιομηχανικό κλάδο στην Ιαπωνία	28
<i>Πίνακας 4.1</i>	Το πλήθος των εφαρμογών των βιομηχανικών ρομπότ	36
<i>Πίνακας 4.2</i>	Η ποσοστιαία αύξηση των ρομποτικών εφαρμογών	37
<i>Πίνακας 4.3</i>	Πλήθος ρομπότ στη δεκαετία του 1990	37
<i>Πίνακας 4.4</i>	Αναλογική ανάλυση κόστους	41
<i>Πίνακας 4.5</i>	Κατανομή κονδυλίων κόστους των ρομπότ	42
<i>Πίνακας 5.1</i>	Ρομποτικές εγκαταστάσεις της Ζήνων Α.Ε.	48
<i>Πίνακας 6.1</i>	Κόστος διαφόρων μεθόδων βαφής	59
<i>Πίνακας 6.2</i>	Ρομπότ βαφής με ψεκασμό	60
<i>Πίνακας 6.3</i>	Πλήθος ρομπότ διαχείρισης υλικών	65
<i>Πίνακας 6.4</i>	Σύγκριση των δύο μεθόδων ηλεκτροσυγκόλλησης.	78
<i>Πίνακας 6.5</i>	Ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης	79
<i>Πίνακας 6.6</i>	Πληθυσμός ρομπότ συναρμολόγησης	86
<i>Πίνακας 6.7</i>	Ρομπότ σε εφαρμογές χύτευσης μετάλλων σε μήτρες	92
<i>Πίνακας 8.1</i>	Κατανομή ρομπότ ανά περιοχή εφαρμογής	111

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<i>Σχήμα 5.1</i> Τρόποι εκπαίδευσης στις νέες τεχνολογίες στην Ελληνική Βιομηχανία	50
<i>Σχήμα 6.1</i> Ρομπότ βαφής στην Αγγλία	60
<i>Σχήμα 6.2</i> Ρομπότ βαφής στη Γερμανία	61
<i>Σχήμα 6.3</i> Ρομπότ διαχείρισης υλικών	66
<i>Σχήμα 6.4</i> Ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης	80
<i>Σχήμα 6.5</i> Βιομηχανικοί κλάδοι εφαρμογής ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης στην Ευρώπη το 1994	82
<i>Σχήμα 6.6</i> Ρομπότ συναρμολόγησης στην Αγγλία	87
<i>Σχήμα 6.7</i> Ρομπότ συναρμολόγησης στη Γερμανία	87
<i>Σχήμα 6.8</i> Ρομπότ χύτευσης στην Αγγλία	92
<i>Σχήμα 6.9</i> Ρομπότ χύτευσης στη Γερμανία	93
<i>Σχήμα 8.1</i> Κατανομή ρομπότ ανά περιοχή εφαρμογής	111

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εισαγωγή σύγχρονων τεχνολογιών αυτοματισμού και πληροφορικής στη βιομηχανική παραγωγή αποτελεί στρατηγική επιλογή των βιομηχανικών επιχειρήσεων, σε διεθνές επίπεδο, αφού έχει αποδειχθεί ότι η αξιοποίηση τους αυξάνει την παραγωγικότητα και τη διεθνή ανταγωνιστικότητα των παραπάνω επιχειρήσεων.

Παράλληλα με την αύξηση της παραγωγικότητας παρατηρείται αντίστοιχη μείωση του χρόνου και κατά συνέπεια του κόστους παραγωγής ανά προϊόν, βελτιωμένη ποιότητα των προϊόντων και ακρίβεια στο χρόνο παραγωγής, παρέχοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα ορθολογικότερης διαχείρισης και οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας. Εξάλλου η αυτοματοποίηση προσφέρει στους εργαζόμενους αυξημένη ασφάλεια, αναβάθμιση της εργασίας τους και του εργασιακού χώρου.

Τέλος δεν θα πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι χάρη στα πολλαπλά οφέλη που προσφέρει η χρήση αυτοματοποιημένου βιομηχανικού εξοπλισμού, σε μια παραγωγική μονάδα, επιτυγχάνεται γρήγορη απόσβεση της επένδυσης. Στην περίπτωση δε, που η αυτοματοποίηση ταυτίζεται με την εισαγωγή ρομποτικών συστημάτων, τα οφέλη είναι ακόμη πιο σημαντικά, λόγω της ευελιξίας και της προσαρμοστικότητας που διαθέτουν τα παραπάνω συστήματα.

1.2 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Κύριος στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η όσο το δυνατόν πληρέστερη περιγραφή και καταγραφή των περιοχών εφαρμογής βιομηχανικών ρομπότ, με ταυτόχρονη εκτίμηση και πρόβλεψη της εξελικτικής πορείας των ρομπότ σ' αυτές. Το πρώτο σκέλος παρουσιάζεται μέσω των λόγων εφαρμογής ρομπότ σε κάθε περιοχή, των πλεονεκτημάτων - μειονεκτημάτων χρήσης τους, των δυσκολιών εφαρμογής τους, των χαρακτηριστικότερων παραδειγμάτων κ.α. Το δεύτερο σκέλος βασίζεται σε δεδομένα του ρομποτικού πληθυσμού σε κάθε περιοχή εφαρμογής, και σε όσο το δυνατόν πιο πρόσφατα άρθρα που αναφέρονται στην εξέλιξη αλλά και στις τάσεις ζήτησης των παραπάνω ρομπότ.

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η όλη διαδικασία πραγματοποίησης των παραπάνω στόχων, αρχικώς δίδονται οι ορισμοί των βιομηχανικών ρομπότ καθώς και οι ταξινομήσεις τους ανάλογα με την αρχή της λειτουργίας τους, τον τρόπο λειτουργίας τους, το γεωμετρικό σχηματισμό τους, τον τύπο εφαρμογής τους και τον τύπο μετάδοσης της κίνησης τους. Παράλληλα παρουσιάζονται οι κυριότερες ανακαλύψεις, που συνέβαλαν στην εξακρίβωση της έννοιας της ρομποτικής και στη μετέπειτα ανάπτυξη της, καθώς και οι πρώτες εφαρμογές ρομποτικών συστημάτων (Κεφάλαιο 2).

Στη συνέχεια επιχειρείται μια σύντομη εξέταση της διαρθρωτικής εξέλιξης της βιομηχανίας παραγωγής ρομπότ στις Η.Π.Α., στην Ιαπωνία και στις πιο ανεπτυγμένες, στο χώρο της ρομποτικής, ευρωπαϊκές χώρες (Κεφάλαιο 3). Ταυτόχρονα παρουσιάζονται οι λόγοι για τους οποίους η Ιαπωνία έγινε πρωτοπόρος σε παγκόσμιο επίπεδο, στον τομέα της ρομποτικής.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύεται η ζήτηση των ρομπότ. Αρχικώς παρουσιάζεται ο παγκόσμιος ρομποτικός πληθυσμός για τα έτη 1974-1996 και δίδεται η πρόβλεψη του πλήθους των ρομπότ για το 1997, από την Ιαπωνική Ένωση Βιομηχανικών Ρομπότ (JIRA). Επίσης περιγράφονται οι λόγοι για την αυξανόμενη ζήτηση σε βιομηχανικά ρομπότ καθώς και οι παράγοντες που δεν επιτρέπουν την ακόμη μεγαλύτερη διάδοση της εφαρμογής ρομπότ.

Σε αντίθεση με το διεθνή χώρο, οι εφαρμογές της ρομποτικής στην Ελλάδα είναι περιορισμένες (Κεφάλαιο 5). Εξηγούνται οι λόγοι της μη εξάπλωσης της

ρομποτικής τεχνολογίας στην ελληνική βιομηχανία, ενώ παράλληλα δίδονται οι πιθανές προοπτικές ανάπτυξης αυτού του τομέα στον ελλαδικό χώρο.

Στη συνέχεια στο *Κεφάλαιο 6* πραγματοποιείται η όσο το δυνατόν αναλυτικότερη περιγραφή των περιοχών εφαρμογής βιομηχανικών ρομπότ. Οι περιοχές που παρουσιάζονται είναι: βαφή με ψεκασμό, διαχείριση υλικών, ηλεκτροσυγκόλληση (σημειακή και τόξου), συναρμολόγηση και χύτευση μετάλλων σε μήτρες.

Εκτός από τους αναφερθέντες βιομηχανικούς κλάδους, ρομποτικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες περιοχές εφαρμογών που χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη τεχνολογική εξειδίκευση και τεχνική πολυπλοκότητα. Τέτοιες εφαρμογές πραγματοποιούνται ήδη σήμερα στο διάστημα, σε υποβρύχιες έρευνες και αποστολές και στον ιατρικό χώρο. Οι ειδικές αυτές περιοχές αναλύονται στο *Κεφάλαιο 7*.

Τέλος στο *Κεφάλαιο 8* δίδονται τα συμπεράσματα της Διπλωματικής Εργασίας, η όσο το δυνατόν σωστότερη πρόβλεψη των τάσεων εξέλιξης που υπάρχουν σε κάθε περιοχή εφαρμογής ρομπότ και τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της νέας γενιάς ρομπότ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Τα βιομηχανικά ρομπότ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με τον όρο **βιομηχανική αυτοματοποίηση** ορίζουμε το σύνολο των τεχνολογιών και των μεθόδων μέσω των οποίων επιδιώκεται η συνολική ή μερική αντικατάσταση της χειρωνακτικής εργασίας στις παραγωγικές διαδικασίες. Η αυτοματοποίηση μπορεί να συμπληρώθει με την εγκατάσταση ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος, το οποίο συνδέει τις διαδικασίες παρακολουθώντας και ελέγχοντας όλες τις μηχανές.

Έτσι πραγματοποιείται η *ολοκληρωμένη παραγωγή με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών* - Computer Integrated Manufacturing ή πιο απλά CIM - στην οποία οι υπολογιστές παρακολουθούν και ελέγχουν όλες τις φάσεις του κύκλου ενός προϊόντος: σχεδίαση, προγραμματισμό παραγωγής, παραγωγή, έλεγχο και διάθεση. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, τα μέρη του αυτοματοποιημένου συστήματος δεν χειρίζονται από εργαζόμενους. Η μόνη παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα είναι κατά τη σχεδίαση του συστήματος και κατά την επίβλεψη των επιμέρους λειτουργιών του.

Σε ένα τέτοιο σύστημα CIM σημαντικό ρόλο παίζει η εφαρμογή της **ρομποτικής τεχνολογίας**.

2.2 ΟΡΙΣΜΟΙ

Μέσα στο πλήθος του αυτοματοποιημένου βιομηχανικού εξοπλισμού τα ρομπότ και η επιστήμη της ρομποτικής καταλαμβάνουν μία περιοχή υψηλού επιπέδου. Η αυξανόμενη ευελιξία, εκλέπτυνση και εφαρμογή των αυτοματοποιημένων παραγωγικών διεργασιών, οδήγησε στη χαλαρή χρήση του όρου ρομποτική, συχνά ως συνώνυμου της όλης σειράς του αυτοματοποιημένου παραγωγικού εξοπλισμού.

Είναι συνεπώς χρήσιμο να δοθεί ένας πιο συγκεκριμένος και ακριβής ορισμός των βιομηχανικών ρομπότ. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ρομπότ προέρχονται από τις εξελίξεις των εργαλειομηχανών, των χειρωνακτικών αλλά και τηλεχειριζόμενων χειριστικών διατάξεων. Αναλυτικότερη περιγραφή αυτών των στοιχείων γίνεται σε επόμενη παράγραφο.

Οι ρομποτικές εγκαταστάσεις ορίστηκαν από το υπουργείο Βιομηχανίας του Ηνωμένου Βασιλείου ως “επαναπρογραμματιζόμενες μηχανικές χειριστικές διατάξεις”. Παρόμοιος είναι και ο ορισμός που έδωσε το *Ινστιτούτο Ρομπότ* της *Αμερικής* :

“Ρομπότ είναι μια επαναπρογραμματιζόμενη πολυλειτουργική χειριστική διάταξη σχεδιασμένη για τη μετακίνηση υλικών, εξαρτημάτων, εργαλείων και εξειδικευμένων διατάξεων, μέσω μεταβλητών προγραμματισμένων κινήσεων για την εκτέλεση μιας σειράς εργασιών.”

Ένα ρομπότ αποτελείται από δύο βασικά μέρη: τη *μηχανική δομή*, συμπεριλαμβανομένου και του κινητήριου συστήματος και τη *μονάδα ελέγχου*, συμπεριλαμβανομένου και του λογισμικού. Το δεύτερο μέρος παρέχει στο ρομπότ την προγραμματιζόμενη μνήμη του και επίσης του επιτρέπει να συγχρονίζεται με τον υπόλοιπο βιομηχανικό εξοπλισμό. Η δυνατότητα επαναπρογραμματισμού προσθέτει προσαρμοστικότητα και επιτρέπει την εκτέλεση πολλαπλών καθηκόντων, καθώς επίσης και την ικανότητα χειρισμού μιας ποικιλίας προϊόντων. Αντίθετα, άλλες

αυτοματοποιημένες μηχανικές κατασκευές ειδικής χρήσης περιορίζονται, συνήθως, στην εκτέλεση μίας και μόνης εργασίας ή ενός και μόνο προϊόντος.

Ο παραπάνω ορισμός καλύπτει ένα ευρύ φάσμα ρομποτικών χειριστών, και μέσα σε αυτόν τον ορισμό μπορούν να συμπεριληφθούν διάφοροι τύποι ρομπότ. Οι τύποι αυτοί εξυπηρετούν τις ακόλουθες εφαρμογές:

1. *Αυτόματη ή Ευέλικτη Κατασκευή.* Αυτά τα “βιομηχανικά” ρομπότ χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ πεδίο βιομηχανικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένης της συναρμολόγησης και του ελέγχου αντικειμένων, της διαχείρισης υλικών, της ηλεκτροσυγκόλλησης, και της βαφής.
2. *Απομακρυσμένη Εξερεύνηση.* Η τάξη αυτή των ρομποτικών χειριστών έχει σχεδιασθεί έτσι ώστε να μπορεί να επιβιώνει σε συνθήκες που δεν μπορεί να ανεχθεί ο ανθρώπινος οργανισμός. Ρομπότ αυτού του τύπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εξερεύνηση σε πλανήτες του ηλιακού συστήματος, ή στα βάθη των ωκεανών.
3. *Προσθετική και Βιοϊατρική.* Η ρομποτική τεχνολογία και η συναφής τεχνολογία αισθητήρων μπορούν να συνδυασθούν προκειμένου να παρέχουν προσθετικά άκρα με αίσθηση αφής.
4. *Διαχείριση Επικίνδυνων Υλικών.* Ρομπότ αυτής της κατηγορίας έχουν χρησιμοποιηθεί στην απενεργοποίηση εκρηκτικών (π.χ. σε σήραγγες), στη διαχείριση επικίνδυνων υλικών, (όπως π.χ. πυρηνικών αποβλήτων, ραδιενεργών υλικών σε πυρηνικούς αντιδραστήρες, κλπ.), στη συλλογή επιστημονικών στοιχείων σε δυσπρόσιτα μέρη (π.χ. σε ηφαίστεια), και στη διαχείριση συνιστωσών μικροηλεκτρονικής (π.χ. σε θαλάμους κενού - clean rooms).
5. *Υπηρεσίες.* Τρέχουσες χρήσεις ρομπότ υπηρεσιών περιλαμβάνουν ασφάλεια, επιστασία, διανομή ταχυδρομείου, πυροπροστασία και αντιμετώπιση πυρκαγιάς, καθώς και εκτέλεση έργων με φωνητικές εντολές. Η χρήση των ρομπότ υπηρεσιών θα διευρύνεται καθώς προχωράει η τεχνολογία και μειώνεται το κατασκευαστικό κόστος.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι στις μέρες μας χρησιμοποιείται και ο όρος **mechatronics**. Η ονομασία αυτή προέρχεται από το συνδυασμό των λέξεων MECHANics και elecTRONICS - μηχανικός ή αυτόματος και ηλεκτρονικός, αντίστοιχα. Πιστεύεται ότι στο προσεχές μέλλον ο όρος αυτός θα είναι ευρύτατα διαδεδομένος και θα αντικαταστήσει τη λέξη ρομπότ.

2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΙΣ

Αρκετά σχήματα χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των βιομηχανικών ρομπότ. Τα κυριότερα είναι: *η αρχή της λειτουργίας, ο τρόπος λειτουργίας, ο γεωμετρικός σχηματισμός (configuration), ο τύπος εφαρμογής, και ο τύπος μετάδοσης της κίνησης*. Τα περισσότερα από αυτά περιγράφουν κάποιο φυσικό χαρακτηριστικό ή χαρακτηριστικό συμπεριφοράς του ρομπότ, όπως π.χ. η γεωμετρία ή η λειτουργία. Η ταξινόμηση των βιομηχανικών ρομπότ αποτελεί ένα χρήσιμο μέσο σύγκρισης παρόμοιων ιδιοτήτων και είναι ιδιαίτερα βοηθητική για την επιλογή κάποιου ρομπότ για μία συγκεκριμένη εφαρμογή. Υπάρχουν σήμερα κατάλογοι ρομπότ σε υπολογιστή, μέσα από τους οποίους ο μελλοντικός χρήστης μπορεί να βοηθηθεί στη διαδικασία της επιλογής, χρησιμοποιώντας την ταξινόμηση τόσο στις προδιαγραφές όσο και στις λειτουργίες αναζήτησης.

Μέχρι στιγμής δεν έχουν θεσπισθεί διεθνή πρότυπα για την ταξινόμηση των ρομπότ. Οι ταξινομήσεις που περιγράφονται στη συνέχεια χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία των Η.Π.Α. ευρύτατα, ταυτόχρονα από τους προμηθευτές και τους χρήστες ρομπότ. Τα σχήματα που παρουσιάζονται δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενα. Κάποιες ταξινομήσεις συνεπάγονται κάποιες άλλες. Για παράδειγμα, τα ρομπότ συνεχούς τροχιάς είναι όλα σερβοελεγχόμενα.

2.3.1 Αρχή Λειτουργίας

Τα ρομπότ ταξινομούνται με την ευρεία έννοια σε ρομπότ *σταθερής στάσης* (fixed stop) (ή μη σερβοελεγχόμενα) και σε *σερβοελεγχόμενα* (servo-controlled). Οι

όροι αυτοί αναφέρονται στις μεθόδους ελέγχου θέσης του ρομπότ μέσα στο χώρο εργασίας, δηλαδή στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του ελεγκτή και του βραχίονα. Οι αρχές λειτουργίας επεξηγούνται με την περιγραφή της ακολουθίας λειτουργιών για κάθε τύπο ρομπότ.

1. Ρομπότ Σταθερής Στάσης

Ο τύπος αυτός είναι επίσης γνωστός ως μη σερβοελεγχόμενο ρομπότ ή ρομπότ ανοικτού βρόχου. Το ρομπότ έχει έλεγχο των σημείων στάσης, αλλά όχι έλεγχο της τροχιάς. Κάθε άξονας έχει ένα προκαθορισμένο (ή καθοριζόμενο από τον ελεγκτή κάθε φορά) σταθερό μηχανικό όριο στο κάθε άκρο της έκτασής του και μπορεί να σταματάει μόνο στο ένα ή το άλλο από τα όρια αυτά.

2. Σερβοελεγχόμενα Ρομπότ

Ο τύπος αυτός κινείται από σερβομηχανισμούς, δηλαδή κινητήρες των οποίων το σήμα κίνησης είναι συνάρτηση της διαφοράς μεταξύ της διατεταγμένης και της μετρούμενης (πραγματικής) θέσης και/ή ταχύτητας (σπανιότερα δε και της επιτάχυνσης). Ένα τέτοιο ρομπότ έχει τη δυνατότητα να κινείται μέσα από έναν άπειρο πρακτικά αριθμό σημείων κατά την εκτέλεση μίας προγραμματισμένης ακολουθίας.

2.3.2 Τρόπος Λειτουργίας

Σε σχέση με τον τρόπο λειτουργίας τους τα ρομπότ περιγράφονται ως ρομπότ σημείου-προς-σημείο (point-to-point) και ρομπότ συνεχούς τροχιάς (continuous path).

1. Ρομπότ Σημείου-προς-Σημείο (Point-to-Point Robots)

Με αυτόν τον τρόπο ελέγχου κίνησης, ένα ρομπότ προγραμματίζεται από το χρήστη ώστε να κινηθεί από μία θέση στην επόμενη. Οι ενδιάμεσες τροχιές μεταξύ των σημείων δεν μπορούν να προσδιορισθούν. Σε μία τέτοια ακολουθία κινήσεων, το ρομπότ κινείται σε μία προσδιορισμένη αριθμητικά θέση, σταματάει, και εκτελεί μία λειτουργία, κατόπιν κινείται σε μία άλλη προσδιορισμένη αριθμητικά θέση, σταματάει, κ.ο.κ. Η τροχιά του ρομπότ (δηλαδή ο δρόμος μεταξύ διαδοχικών

σημείων) και η ταχύτητα κατά τη μετακίνηση από τη μία θέση στην επόμενη, εν γένει δεν έχει σημασία, και συνήθως δεν προγραμματίζεται, αλλά αποτελεί εσωτερική λειτουργία του ελεγκτή. Οι περισσότερες εργασίες χειρισμού αντικειμένων, και ορισμένες εργασίες χειρισμού εργαλείων εκτελούνται κατ' αυτόν τον τρόπο. Επίσης, όλα τα ρομπότ σταθερής στάσης και ορισμένα σερβοελεγχόμενα ρομπότ λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο.

2. Ρομπότ Συνεχούς Τροχιάς (Continuous Path Robots)

Ο έλεγχος συνεχούς τροχιάς είναι ένας τύπος ρομποτικού ελέγχου κατά τον οποίο το ρομπότ επαναλαμβάνει την κίνηση μέσα από διδαγμένα σημεία σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, και τα οποία έχουν προγραμματισθεί σε μία σταθερή χρονική βάση κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Τα σημεία αρχικά καταγράφονται καθώς το ρομπότ οδηγείται μέσα από μία επιθυμητή τροχιά.

Κατά την κίνηση αυτή, η θέση του κάθε άξονα καταγράφεται από τη μονάδα ελέγχου σε σταθερή χρονική βάση διαβάζοντας τους κωδικοποιητές των αρθρώσεων. Ακολουθώς, ένας αλγόριθμος επανάληψης επιχειρεί να επαναλάβει την κίνηση αυτή. Έλεγχος συνεχούς τροχιάς μπορεί επίσης να επιτευχθεί με την παρεμβολή μίας επιθυμητής καμπύλης τροχιάς μεταξύ των διδαγμένων σημείων. Λίγες εργασίες χειρισμού αντικειμένων και ορισμένες εργασίες χειρισμού εργαλείων εκτελούνται κατ' αυτόν τον τρόπο. Οι λειτουργίες συνεχούς τροχιάς μπορούν να εκτελεστούν μόνο από σερβοελεγχόμενα ρομπότ.

2.3.3 Γεωμετρικός Σχηματισμός

Ένα τρίτο σχήμα ταξινόμησης βασίζεται στις γεωμετρικές ή μηχανικές διατάξεις των ρομποτικών βραχιόνων. Οι μηχανικές διατάξεις των ρομπότ διαφέρουν ευρύτατα, αλλά οι περισσότερες εμπίπτουν σε έναν από έξι σχηματισμούς. Οι τρεις συνηθέστερες χαρακτηρίζουν το σύστημα συντεταγμένων τους. Υπάρχουν, κατά συνέπεια, ρομπότ καρτεσιανά ή ορθογωνικά, κυλινδρικά, και σφαιρικά ή πολικά. Οι άλλοι τρεις σχηματισμοί χαρακτηρίζουν την εμφάνιση ή τη λειτουργία τους. Αυτά είναι τα ανθρωπομορφικά ή αρθρωτά (jointed-arm), τα SCARA, τα gantry και τα κινητά (mobile).

1. Ορθογωνικά Ρομπότ (Rectangular Robots)

Αυτά είναι επίσης γνωστά και ως ρομπότ ορθογωνίων, καρτεσιανών ή ορθογραμμικών συντεταγμένων, ή και ως ορθογραμμικά (rectilinear) ρομπότ. Τα ρομπότ αυτά κινούνται σε ευθείες γραμμές πάνω-κάτω, και μέσα-έξω. Οι βαθμοί ελευθερίας του βραχίονα ορίζονται από το Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων των αξόνων, το οποίο αποτελείται από τρεις κάθετες συντεμνόμενες ευθείες με αρχή στο σημείο τομής τους. Τα ρομπότ αυτά συνήθως δεν διαθέτουν ελεγχόμενη λογική για συντονισμένη κίνηση των αρθρώσεων.

2. Κυλινδρικά Ρομπότ (Cylindrical Robots)

Τα ρομπότ αυτά είναι επίσης γνωστά ως ρομπότ κυλινδρικών συντεταγμένων ή ρομπότ στήλης (columnar robot). Είναι ρομπότ, δομημένα γύρω από μία στήλη, η οποία κινείται σύμφωνα με ένα κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων. Στο σύστημα αυτό η θέση κάθε σημείου προσδιορίζεται συναρτήσει μίας γωνιακής διάστασης, μίας ακτινικής διάστασης, και ενός ύψους από ένα επίπεδο αναφοράς. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο χώρος εργασίας έχει κυλινδρική μορφή. Οι κινήσεις αυτών των ρομπότ είναι η έκταση και η περιστροφή.

3. Σφαιρικά Ρομπότ (Spherical Robots)

Τα ρομπότ αυτά είναι επίσης γνωστά και ως ρομπότ σφαιρικών συντεταγμένων ή πολικά (polar) ρομπότ. Είναι ρομπότ που εργάζονται σε σφαιρικό χώρο εργασίας, ή αλλιώς, ρομπότ ικανά να κινούνται περιστροφικά, και να επεκτείνουν και να προσδίδουν κλίση στο βραχίονά τους. Μπορεί να είναι δηλαδή κυλινδρικά ρομπότ με την προσθήκη μίας στροφής (pitch).

4. Ανθρωπομορφικά Ρομπότ

Είναι επίσης γνωστά και ως αρθρωτά (articulated) ρομπότ ή ρομπότ αρθρωτού βραχίονα (jointed-arm robot). Περιέχουν μόνο περιστροφικές αρθρώσεις και εκτελούν κινήσεις όμοιες με τις κινήσεις ενός ανθρώπου. Ένα ανθρωπομορφικό ρομπότ έχει περιστροφικές αρθρώσεις (που καλούνται ώμος και αγκώνας) τοποθετημένες πάνω σε μία περιστρεφόμενη βάση έτσι ώστε να παρέχονται τρεις κύριοι άξονες κίνησης. Τα ρομπότ αυτά πλεονεκτούν έναντι των άλλων κατηγοριών

λόγω της ευελιξίας προσέγγισης πάνω ή κάτω από ένα αντικείμενο και της συμβατότητας συνεργασίας με άλλα ρομπότ σε κοινό χώρο εργασίας.

5. Ρομπότ Τύπου SCARA

Το ρομπότ τύπου SCARA (Selective Compliance ARm for Assembly - Ρομποτικός Βραχίονας Συναρμολόγησης με Επιλεκτική Συμμόρφωση), είναι ένας ρομποτικός σχηματισμός οριζόντιας περιστροφής ο οποίος σχεδιάστηκε στο Πανεπιστήμιο Yamamachi της Ιαπωνίας. Ο βραχίονας, ο οποίος έχει μέγεθος όσο και το τραπέζι εργασίας, σαρώνει μία περιοχή εξαρτημάτων και είναι ιδιαίτερα κατάλληλος για εργασίες τοποθέτησης μικρών αντικειμένων.

6. Ρομπότ Τύπου Gantry

Αυτά είναι ορθογωνικά ρομπότ με τρεις βαθμούς ελευθερίας κατ' ελάχιστο και έξι κατά μέγιστο, τοποθετημένα στην οροφή. Ρομπότ τοποθετημένα σε πάγκους εργασίας με σχεδιασμό gantry δεν περιλαμβάνονται συνήθως στον ορισμό αυτό. Ένα ρομπότ gantry μπορεί να κινηθεί κατά τους άξονες x και y διανύοντας σχετικά μεγαλύτερες αποστάσεις από ένα ρομπότ τοποθετημένο στο δάπεδο με υψηλές ταχύτητες, ενώ ταυτόχρονα παρέχει και πολύ υψηλό βαθμό ακρίβειας τοποθέτησης. Τα χαρακτηριστικά του ρομπότ gantry περιλαμβάνουν μεγάλους χώρους εργασίας, ικανότητα ανύψωσης μεγάλων φορτίων, κινητή τοποθέτηση στην οροφή, και τη δυνατότητα και ευελιξία λειτουργίας σε ένα χώρο εργασίας ισοδύναμο με αυτόν πολλών ρομπότ δαπέδου.

7. Κινητά Ρομπότ

Τα περισσότερα κινητά ρομπότ είναι τοποθετημένα πάνω σε τροχούς. Σήμερα δεν υπάρχει ακόμη συστηματική παραγωγή βιομηχανικών ρομπότ με τροχούς, αν και υπάρχει η ανάγκη για κινητικότητα σε εργοστασιακούς χώρους. Έχουν ωστόσο δημιουργηθεί πειραματικά και ερευνητικά ρομπότ με τροχούς. Εξάλλου σε πειραματικό στάδιο υπάρχουν κινητά ρομπότ με ερπύστριες ή ρομπότ με τέσσερα έως έξι πόδια (legged robots), έτσι ώστε το ρομπότ να μπορεί να κινηθεί σε ανώμαλα εδάφη. Τα ρομπότ αυτά έχουν αναπτυχθεί για εξερευνητικούς ή στρατιωτικούς σκοπούς. Τέλος έχουν αναπτυχθεί σε πρωταρχικό στάδιο ρομπότ με δύο πόδια προκειμένου να μιμηθούν τις ανθρώπινες κινήσεις. Το μεγαλύτερο πρόβλημα για τα

ρομπότ αυτά είναι η διατήρηση της ισορροπίας έτσι ώστε το ρομπότ να μπορεί να παραμένει όρθιο ενώ εκτελεί κάποια εργασία. Επίσης πρόβλημα αποτελεί και η παροχή ισχύος για ένα τέτοιο μηχανισμό.

2.3.4 Τύπος Προσδοκώμενης (Εξειδικευμένης) Εφαρμογής

Μία άλλη κατηγορία ταξινόμησης η οποία χρησιμοποιείται συχνά, είναι η προσδοκώμενη εφαρμογή του ρομπότ. Τα περισσότερα βιομηχανικά ρομπότ έχουν τέτοιο σχεδιασμό έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μία ποικιλία εφαρμογών. Αντίστροφα, οι περισσότερες εφαρμογές μπορούν να εκτελεσθούν από μία ποικιλία ρομπότ. Ορισμένες εφαρμογές, ωστόσο, έχουν μοναδικά χαρακτηριστικά και/ή απαιτήσεις, για τις οποίες τα ρομπότ έχουν ειδικά σχεδιασθεί. Αυτές περιλαμβάνουν τη βαφή, τη συναρμολόγηση, τις εργασίες “θαλάμων κενού” (clean-room), και την εκπαίδευση/έρευνα.

1. Ρομπότ Βαφής

Τα ρομπότ βαφής είναι όλα σερβοελεγχόμενα και συνεχούς τροχιάς. Οι δομές των χειριστών είναι σχεδιασμένες για μικρό βάρος, μικρή αδράνεια, και μεγάλη στερεότητα (rigidity) έτσι ώστε να μπορούν να επαναλάβουν πολύπλοκες τροχιές με ταχύτητες μέχρι 2 m/sec. Η πιο συνήθης γεωμετρία για ρομπότ βαφής είναι η ανθρωπομορφική.

2. Ρομπότ Συναρμολόγησης

Οι εργασίες συναρμολόγησης εμπλέκουν ρομπότ που τοποθετούν αντικείμενα μεταξύ τους σύμφωνα με μία προ-προγραμματισμένη ακολουθία κινήσεων. Αν και η συναρμολόγηση περιλαμβάνει και μηχανικά κομμάτια οποιασδήποτε μορφής, οι περισσότερες ρομποτικές συναρμολογήσεις σήμερα είναι εισαγωγές ηλεκτρονικών συνιστωσών σε τυπωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα στις βιομηχανίες ηλεκτρονικών προϊόντων.

3. Ρομπότ Εφαρμογών Θαλάμων Κενού

Στην έρευνα καθώς και στη βιομηχανία κατασκευής ημιαγωγών και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, οι περισσότερες επεξεργασίες πραγματοποιούνται σε

περιβάλλοντα απαλλαγμένα από κάθε είδους (στο μέτρο του εφικτού) πρόσμιξης στον αέρα, όπου και οι διαδικασίες εξαερισμού ελέγχονται αυστηρά.

4. Ρομπότ Εκπαίδευσης/Έρευνας

Τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται στην έρευνα και την εκπαίδευση είναι γενικά χαμηλού κόστους, μικρά σε μέγεθος και βάρος, καθότι δεν υπάρχουν συνήθως απαιτήσεις απόδοσης και χαρακτηριστικών. Μπορούν να τοποθετηθούν πάνω σε ένα γραφείο ή τραπέζι προκειμένου να επιδειχθούν για θεωρία, εφαρμογές, και προγραμματισμό.

2.3.5 Τύπος Μετάδοσης Κίνησης

Τα ρομπότ επίσης ταξινομούνται ανάλογα με τη μέθοδο παροχής ισχύος για κίνηση. Οι κυριότεροι από τους υπάρχοντες τύπους κινητήρων είναι οι πνευματικοί, οι υδραυλικοί ή ηλεκτροϋδραυλικοί, και οι ηλεκτρικοί. Οι τύποι αυτοί περιγράφονται στη συνέχεια.

1. Πνευματικοί Κινητήρες

Τα περισσότερα ρομπότ εργασιών ανάκτησης και τοποθέτησης λειτουργούν με αεροσυμπιεστές (air-compressors). Αυτό επιτρέπει την εκτέλεση απλών, επαναληπτικών κινήσεων, με ελάχιστο κόστος. Η έκταση ή συσπείρωση ενός μέλους του βραχίονα, ή η περιστροφή μίας άρθρωσης πραγματοποιείται από απλά ή διπλά έμβολα αέρα. Τα απλά έμβολα είναι η φθηνότερη μέθοδος και είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να λειτουργούν και προς τις δύο κατευθύνσεις με τη βοήθεια επανατατικού ελατηρίου (return spring).

2. Υδραυλικοί ή Ηλεκτροϋδραυλικοί Κινητήρες

Ρομπότ που χρησιμοποιούν κινητήρες αυτού του τύπου αναφέρονται απλά ως υδραυλικά ρομπότ και είναι ιδιαίτερα ισχυρά και γρήγορα. Συνήθως, ένας ηλεκτρικός κινητήρας - τριφασικού τυλίγματος - χρησιμοποιείται για τη λειτουργία της υδραυλικής αντλίας. Επίσης, οι υδραυλικές σερβοβαλβίδες εκκινούνται ηλεκτρικά. Παρά τις ηλεκτρικές αυτές απαιτήσεις, η κινητήρια δύναμη παράγεται ολοκληρωτικά από έμβολα λαδιού τα οποία μεταβάλλουν τη θέση μίας άρθρωσης γραμμικά ή

περιστροφικά. Οι συσκευές αυτές, εν συνεχεία, είναι συνδεδεμένες με τους συνδέσμους ή τις αρθρώσεις του ρομπότ και παρέχουν την απαραίτητη δύναμη για μία συγκεκριμένη κίνηση.

3. Ηλεκτρικοί Κινητήρες

Τα ρομπότ με κινητήρες αυτού του τύπου τροφοδοτούνται συνήθως από σερβοκινητήρες συνεχούς ρεύματος (DC), αν και ένας περιορισμένος αριθμός κατασκευαστών χρησιμοποιεί σερβοκινητήρες εναλασσόμενου ρεύματος (AC), ή ακόμη και βηματικούς κινητήρες. Η ηλεκτρική παροχή είναι ίσως η πιο συχνή από τους τρεις τύπους κινητήρων και ο σερβομηχανισμός συνεχούς ρεύματος είναι ο πιο κοινός τύπος ηλεκτρικού κινητήρα.

2.4 ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Comment:

Στο κεφάλαιο αυτό, θα προσδιορίσουμε τα κυριότερα επιτεύγματα, που πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια πολλών ετών και συνέβαλαν στην εξακρίβωση της έννοιας της ρομποτικής και στη μετέπειτα ανάπτυξή της. Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει μία χρονολογική λίστα, η οποία περιληπτικά μας δίνει τα ιστορικά επιτεύγματα της τεχνολογίας των ρομπότ.

Στην ανάπτυξη και τη διάδοση της ρομποτικής βασικό ρόλο έπαιξαν δύο πολύ σημαντικές τεχνολογίες, ο αριθμητικός έλεγχος και ο τηλεχειρισμός. Οι αριθμητικά

ελεγχόμενες εργαλειομηχανές, γνωστότερες ως NC, δημιουργήθηκαν με στόχο τις μηχανικές κατεργασίες, στα τέλη του 1940 με αρχές του 1950. Όπως προκύπτει και από το όνομά τους, οι μηχανές NC ελέγχουν την κίνηση των εργαλείων τους με αριθμητικές μεθόδους. Η λειτουργία τους βασίστηκε στην επινόηση του *John Parson*, ο οποίος χρησιμοποίησε δελτία μηχανογράφησης με τις θέσεις των εργαλείων, έτσι ώστε να μπορεί να ελέγχει τις κινήσεις τους, δίνοντας ως δεδομένα διάφορες θέσεις. Τη σύλληψη του αυτή την ανακοίνωσε στις Αεροπορικές Δυνάμεις των Η.Π.Α., οι οποίες με τις σειρά τους υποστήριξαν την έρευνά του και τη δημιουργία της πρώτης εργαλειομηχανής στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασσαχουσέτης (MIT). Έτσι, το 1952 δημιουργήθηκε η πρώτη αριθμητικά ελεγχόμενη εργαλειομηχανή, η οποία ήταν μια μηχανή φρεζαρίσματος με 3 άξονες. Μεταγενέστερα, το 1961, και πάλι στο MIT δημιουργήθηκε η *APT* (Automatically Programmed Tooling - Αυτόματα προγραμματιζόμενη εργαλειομηχανή) η οποία ήταν μια γλώσσα προγραμματισμού που συμπλήρωνε τον προγραμματισμό της NC.

Από την άλλη πλευρά ο *τηλεχειρισμός*, σχετίζεται με το χειρισμό κάποιων κινήσεων των εργαλείων και των άλλων τμημάτων μιας μηχανής, από έναν άνθρωπο, με τη βοήθεια ενός τηλεχειριστηρίου, που βρίσκεται σε κάποια απόσταση από την μηχανή. Μια πολύ κοινή εφαρμογή του είναι σε ανθυγιεινές εργασίες, όπως η μεταφορά και η τοποθέτηση ραδιενεργών υλικών ή σε εργασίες στις οποίες απειλείται η σωματική ακεραιότητα του εργαζομένου. Σ' αυτές τις περιπτώσεις ο εργαζόμενος μπορεί να μείνει σε μια ασφαλή θέση, όπως πίσω από ένα τζάμι ή παρακολουθώντας ένα monitor και να καθοδηγεί την αντίστοιχη μηχανή από μια απομακρυσμένη απόσταση. Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι πρώτες ανακαλύψεις ήταν εξ' ολοκλήρου μηχανικές ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν συνδυασμοί μηχανικών και ηλεκτρονικών συστημάτων. Η δημιουργία τηλεχειριστηρίου για την κατεργασία ραδιενεργών υλικών χρονολογείται γύρω στο 1940. Στην ίδια περίπου εποχή η *Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας* (Atomic Energy Commission) άρχισε να εφαρμόζει τον τηλεχειρισμό.

Ο συνδυασμός αυτών των δύο τεχνολογιών, αριθμητικός έλεγχος και τηλεχειρισμός, αποτελεί τη βάση των σημερινών ρομπότ. Το ρομπότ είναι ένας μηχανικός χειριστής του οποίου οι κινήσεις ελέγχονται με μεθόδους προγραμματισμού, πολύ όμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στον αριθμητικό έλεγχο.

Εδώ όμως, πρέπει να αναφέρουμε δύο πρόσωπα, τα οποία με τη συμβολή τους στις δύο αυτές τεχνολογίες, προσέφεραν τα μέγιστα όσον αφορά τις βιομηχανικές εφαρμογές των ρομπότ. Ο πρώτος ήταν ένας Βρεταννός εφευρέτης, ο *Cyril Walter Kenward*, ο οποίος δημιούργησε ένα είδος ρομπότ το Μάρτιο του 1954 και πρωτοεμφανίστηκε στην αγορά το 1957.

Ο δεύτερος εφευρέτης ήταν ο Αμερικάνος *George C. Devol* στον οποίο πρέπει να αποδώσουμε δύο ανακαλύψεις, που με τη σειρά τους οδήγησαν στην δημιουργία των σύγχρονων ρομπότ. Η πρώτη είναι η μαγνητική εγγραφή ηλεκτρικών μηνυμάτων που βοήθησε στον προγραμματισμό μιας μηχανής με την επανάληψη τους. Αυτή χρονολογείται γύρω στο 1946 ενώ η αμερικανική πατέντα δημοσιεύθηκε το 1952. Η δεύτερη ανακάλυψη είναι η επανομαζόμενη *Programmed Article Transfer* - Προγραμματιζόμενη μεταφορά αντικειμένου και δημοσιεύτηκε το 1961. Η δημοσίευση έγινε στις 13 Ιουνίου 1961 στο U.S. Patent Record

Παρόλο που η πατέντα του Devol έρχεται αρκετά χρόνια μετά από αυτή του Kenward, ήταν αυτή που έβαλε τις βάσεις για τη δημιουργία των σημερινών βιομηχανικών ρομπότ. Ποιό ήταν όμως αυτό που συνέβαλε στην εφαρμογή των εφευρέσεων γρηγορότερα στις Η.Π.Α. απ' ότι στο Ηνωμένο Βασίλειο; Η καταλυτική παρουσία του *Joseph Engelberger*.

Ο Joseph F. Engelberger αποφοίτησε, ως πτυχιούχος Φυσικής, από το Πανεπιστήμιο της Columbia, το 1949. Ως φοιτητής είχε διαβάσει με ιδιαίτερο ενδιαφέρον πολλά διηγήματα του Isaac Asimov. Περί τα μέσα του '50 εργαζόταν ως αρχιμηχανικός σε μια εταιρεία στο Stanford του Connecticut στο τμήμα αεροναυπηγικής, όπου ερευνούσαν μεθόδους ελέγχου των κινητήρων των αεροπλάνων. Το 1956 ο Engelberger και ο Devol συναντήθηκαν σε ένα πάρτυ στο Fairfield του Connecticut, όπου ο Devol του ανέφερε την ανακάλυψη της "Προγραμματιζόμενης μεταφοράς αντικειμένου". Ως αποτέλεσμα αυτής της συνάντησης ήταν η σκέψη της πιθανότητας εμπορευματοποίησης αυτής της ανακάλυψης. Με τη χρηματοδότηση της Consolidated Diesel Electric Company οι Engelberger και Devol άρχισαν να δημιουργούν τα πρώτα σχέδια και μοντέλα του αρθρωτού ρομπότ γνωστότερου ως *UNIMATE*. Το 1962 ιδρύθηκε η *Unimation Company* με πρόεδρο τον J. Engelberger που αποτελούσε τον συνδετικό κρίκο μεταξύ της Consolidated Diesel Electric και της Pullman Corporation.

Η πρώτη εφαρμογή του Unimate ήταν στην *Ford Motor Company* για τη χύτευση μετάλλων σε μήτρες. Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι παρόλο που η Ford ήταν μια από τις πρώτες εταιρείες που χρησιμοποίησε ρομπότ, αρνούνταν για πολλά χρόνια τον όρο “ρομπότ”, προτιμώντας το “universal transfer device”- Συσκευή Γενικής Μεταφοράς ή αλλιώς UTD. Περισσότερες εφαρμογές ρομπότ ακολούθησαν μετέπειτα, αρχικά με αργό ρυθμό, και όχι μόνο από την Unimation, αλλά από ένα μεγάλο αριθμό εταιρειών παραγωγής ρομπότ των Η.Π.Α., της Ιαπωνίας και της Ευρώπης. Μερικές από τις πιο ενδεικτικές εφαρμογές αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

Οποσδήποτε υπάρχουν και άλλες πολλές εφαρμογές εξίσου σημαντικές με αυτές του πίνακα, και κυρίως κάποιες από τις οποίες έχουν πραγματοποιηθεί μεταγενέστερα. Εδώ όμως πρέπει να τονίσουμε την πρωτοποριακή εργασία που έγινε στο Πανεπιστήμιο και στο ερευνητικό κέντρο του Stanford (*Stanford University, Stanford Research Institute*) όσον αφορά τις γλώσσες προγραμματισμού των ρομπότ με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών. Το 1973 αναπτύχθηκε μια πειραματική γλώσσα προγραμματισμού, η WAVE. Στη συνέχεια ακολούθησε το 1974 η γλώσσα AL, επίσης σε ερευνητικό στάδιο, ενώ η πρώτη γλώσσα που έγινε εμπορεύσιμη ήταν η *VAL*, η οποία δημιουργήθηκε από τους Victor Scheinman και Bruce Simano για λογαριασμό της Unimation. Η γλώσσα αυτή αρχικά χρησιμοποιήθηκε για τον προγραμματισμό του ρομπότ *PUMA* της Unimation, ενός σχετικά μικρού ρομπότ με αρθρωτή γεωμετρία, του οποίου ο σχεδιασμός βασίστηκε στις μελέτες αυτοματοποιημένης συναρμολόγησης που πραγματοποιήθηκαν από την General Motors. Ο όρος PUMA είναι τα αρχικά των λέξεων *Programmable Universal Machine for Assembly* δηλαδή Προγραμματιζόμενη Γενική Μηχανή Συναρμολόγησης.

Οι μελέτες στο Stanford για γλώσσες προγραμματισμού ρομπότ καθώς και οι μεταγενέστερες μελέτες που έγιναν προς όφελος της ρομποτικής, βασίστηκαν κατά κύριο λόγο στα επιτεύγματα της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Παρόλο που οι Η/Υ ήταν διαθέσιμοι από την πρώτη μέρα της γέννησης της ρομποτικής βιομηχανίας, οι οικονομικοί, κυρίως, λόγοι δεν επέτρεπαν μέχρι τα τέλη του 1970 τη χρησιμοποίηση ενός μικρού ηλεκτρονικού υπολογιστή για το προγραμματισμό ρομπότ. Ωστόσο στις μέρες μας, σχεδόν όλα τα ρομπότ που εισάγονται στην αγορά, έχουν στον εξοπλισμό τους Η/Υ. Στην πραγματικότητα, ο

τομέας της ρομποτικής συχνά αναφέρεται ως ο συνδυασμός της μηχανικής τεχνολογίας και της επιστήμης των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

ΟΙ ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Έτος	Ανακαλύψεις
1920	Το δραματικό έργο το Τσέχου συγγραφέα Karel Capek R.U.R. (Rossum's Universal Robots) εισάγει τη λέξη ρομπότ
1946-50	Ο Isaac Asimov γράφει μία σειρά ιστοριών σχετικά με ρομπότ. Συμπεριλαμβάνονται στο βιβλίο "I, Robot"
1946	Ο G.C. Devol ανακαλύπτει μια συσκευή, η οποία μαγνητικά εγγράφει ηλεκτρικά μηνύματα και τα ξανακαλεί για τον χειρισμό μια μηχανής. Η πατέντα δημοσιεύεται στις Η.Π.Α. το 1952
1951	Αναπτύσσεται ο τηλεχειρισμός για την επεξεργασία ραδιενεργών υλικών. Οι σχετικές πατέντες δημοσιεύονται στο Goertz (1954) και στο Bergsland (1958)
1952	Η πρώτη αριθμητική ελεγχόμενη εργαλειομηχανή επιδεικνύεται στο M.I.T. Ακολουθεί η γλώσσα προγραμματισμού ATP που εκδίδεται το 1961
1954	Ο C.W. Kenward σχεδιάζει το πρώτο ρομπότ, το οποίο επιδεικνύεται το 1957
1954	Ο G.C. Devol αναπτύσσει τα σχέδια του λεγόμενου " Προγραμματιζόμενου μεταφοράς αντικειμένων ". Η πατέντα δημοσιεύεται το 1961
1959	Η Planet Corporation διοχετεύει το πρώτο ρομπότ στο εμπόριο
1960	Σχεδιάζεται το πρώτο Unimate σύμφωνα με τα σχέδια του Devol. Ήταν ένα υδραυλικό κινούμενο ρομπότ, για τον προγραμματισμό του οποίου χρησιμοποιούνταν οι αρχές αριθμητικού ελέγχου
1961	Η Ford Motor Company χρησιμοποιεί ρομπότ Unimate για τη χύτευση μετάλλων
1966	Η Νορβηγική Trafila κατασκευάζει και εγκαθιστά ρομπότ για βαφή με ψεκασμό
1968	Ένα κινητό ρομπότ καλούμενο "Shakey" δημιουργείται στο Stanford Research Institute (SRI) Ο εξοπλισμός του αποτελούσαν από διάφορα είδη αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένης μιας οπτικής κάμερας και ενός αισθητήρα επάφης
1971	Ο βραχίονας Stanford, ένας μικρός ηλεκτρικά κινούμενος βραχίονας, κατασκευάζεται στο Πανεπιστήμιο του Stanford
1973	Η πρώτη πειραματική γλώσσα προγραμματισμού ρομπότ σε Η/Υ δημιουργείται στο SRI και καλείται WAVE. Το 1974 ακολουθεί η γλώσσα AL. Ο συνδυασμός τους δημιουργεί τη VAL, η οποία είναι η πρώτη γλώσσα που κυκλοφορεί στο εμπόριο από την Unimation. Δημιουργοί της είναι ο Victor Scheinman και ο Bruce Shimano
1974	Η Kawasaki, με άδεια της Unimation, χρησιμοποιεί ρομπότ για την ηλεκτροσυγκόλληση τόξου στους σκελετούς μοτοσυκλετών
1975	Το ρομπότ Sigma της Olivetti χρησιμοποιείται στην συναρμολόγηση, ένα από τα πρώτα ρομπότ που χρησιμοποιούνται σε τέτοιες διεργασίες
1978	Η Unimation κατασκευάζει το ρομπότ συναρμολόγησης PUMA, βασισμένη σε μελέτες τις General Motors
1978	Η Cincinnati Milacron παράγει το ρομπότ T3, το οποίο πραγματοποιεί διατρήσεις στα κομμάτια των αεροσκαφών. Η κατασκευή αυτού του ρομπότ έγινε υπό αιγίδα του τμήματος αεροπορίας του ICAM
1979	Δημιουργείται το ρομπότ SCARA (Selective Compliance Arm for Robotic Assembly) στο πανεπιστήμιο Yamanashi της Ιαπωνίας. Πολλά τέτοια ρομπότ θα κυκλοφορήσουν στην αγορά περί το 1981

Πηγή : *Industrial Robotics*

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η παραγωγή βιομηχανικών ρομπότ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βιομηχανία παραγωγής ρομπότ είναι ένας σχετικά νέος κλάδος και όχι αρκετά ομοιογενής. Πολλοί από τους παραγωγούς ρομπότ εντάσσονται στον μηχανοκατασκευαστικό και ηλεκτρολογικό/ηλεκτρονικό τομέα, και είναι κυρίως εταιρείες παραγωγής εργαλείων και εργαλειομηχανών που έχουν διαφοροποιηθεί προς τη κατεύθυνση της ρομποτικής. Συχνά αυτές οι ίδιες εταιρείες είναι σημαντικοί χρήστες βιομηχανικών ρομπότ. Άλλες παραγωγικές μονάδες χρησιμοποιούν ρομπότ (κυρίως κατασκευαστές αυτοκινήτων) που, έχοντας διαπιστώσει την ανάγκη αλλά και τους τρόπους χρήσης της ρομποτικής, ανέπτυξαν ρομπότ με τις δικές τους προδιαγραφές. Υπάρχει επίσης μια διαρκώς αυξανόμενη τάση για την ίδρυση ανεξάρτητων παραγωγικών εταιρειών.

Θα πρέπει να τονισθεί ότι υπάρχουν ουσιώδεις διαφορές στη δομή της παραγωγής ρομπότ στις διάφορες χώρες. Έτσι οι παραγωγοί των Η.Π.Α. έτειναν, ως επί το πλείστον, να μείνουν ανεξάρτητοι και εξειδικευμένοι, ενώ οι κυριότεροι Ευρωπαίοι και Ιάπωνες παραγωγοί έτειναν να ενσωματωθούν σε μεγαλύτερες εταιρείες. Οπωσδήποτε όμως, με την επέκταση του κλάδου, η δομή αυτή μεταβάλλεται γρήγορα, ιδίως στην Ιαπωνία και στις Η.Π.Α. όπου πολλές από τις μεσαίες και τις μικρότερες επιχειρήσεις που ειδικεύονται στην παραγωγή ρομπότ αυξάνουν το μερίδιό τους στη αγορά.

Η παραπάνω κατάσταση μπορεί να απεικονισθεί καλύτερα με μια σύντομη εξέταση της διαρθρωτικής εξέλιξης της βιομηχανίας παραγωγής ρομπότ σε ορισμένες χώρες. Πιο συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στις Η.Π.Α., στην Ιαπωνία και στις περισσότερο αναπτυγμένες ευρωπαϊκές χώρες, στον τομέα της ρομποτικής

3.2 Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΟΜΠΟΤ ΣΤΙΣ Η.Π.Α.

Αντίθετα με την υφιστάμενη αντίληψη, δεν είναι στην Ιαπωνία, αλλά στις Η.Π.Α. που η ρομποτική γνώρισε την αρχική της άνοδο. Το πρώτο ρομπότ που άνοιξε το δρόμο στις σημερινές γενιές, δημιουργήθηκε το 1962 στις Η.Π.Α. από την *Unimation*, ενώ μόλις το 1968 η *Kawasaki*, αφού απέκτησε την άδεια της *Unimation*, ασχολήθηκε με την σειρά της με την κατασκευή ρομπότ. Στις Η.Π.Α., η παραγωγή βιομηχανικών ρομπότ ήταν γενικά βασισμένη σε ανεξάρτητες, μη χρησιμοποιούσες τα ίδια τα προϊόντα τους, παραγωγικές εταιρείες οι οποίες είχαν εστιάσει τις προσπάθειές τους στο μάρκετινγκ και στην ανάπτυξη ρομπότ για κάλυψη των απαιτήσεων των πελατών τους. Οι δύο μεγαλύτεροι παραγωγοί ήταν οι εταιρείες *Unimation* και *Cincinnati - Milacron (CM)*, οι οποίες μοιράστηκαν το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς που παρουσιάστηκε έτσι με ολιγοπωλιακή μορφή (δύο κύριες πηγές προσφοράς για μια μεγάλη ποικιλία αγοραστών).

Για πολύ καιρό η *Unimation* ήταν ο αναμφισβήτητος ηγεμόνας. Είχε ένα μερίδιο της αμερικανικής αγοράς ίσο με το 44% την περίοδο 1980- 1981 που έπεσε στο 32% περίπου το 1982. Παράλληλα η *Unimation* είχε δραστηριοποιηθεί στην Ευρώπη, καθώς επίσης και στην Ιαπωνία. Περίπου στο 1983, γνώρισε μια ελαφρά πτώση, αλλά εξαγοράστηκε από τον γίγαντα της ηλεκτρονικής *Westinghouse*. Η εταιρεία *Westinghouse* απέκτησε την πλειοψηφία των μετοχών της *Unimation*, με συγχώνευση της δεύτερης με την πρώτη, υπό τη μορφή ολικώς ελεγχόμενης θυγατρικής εταιρείας της *Westinghouse*. Η *Unimation* έκανε τα βασικά της ανοίγματα στη δεκαετία του 1960 ξεκινώντας ιδιαίτερα με ένα ρομπότ συναρμολόγησης, το PUMA. Μικρών διαστάσεων με πολύ εύκολο επαναπρογραμματισμό (και αυτό σε πραγματικό χρόνο), το PUMA είναι ιδιαίτερα προσαρμοσμένο για το χειρισμό ελαφρών βαρών (κάτω από 7 κιλά) και διαθέτει μεγάλη ακρίβεια. Η τελειοποίησή του και η διάδοσή του βοηθήθηκε σημαντικά και προωθήθηκε από τη βιομηχανία αυτοκινήτων *General Motors* που αναθεώρησε ένα μέρος των κατασκευών της για να βγάλει το καλύτερο δυνατό όφελος από το PUMA. Εκτός από το PUMA, η εταιρεία πρότεινε και μια σειρά χειριστών (τους *Unimate*) προσαρμοσμένους σε όλο και περισσότερες εξειδικευμένες λειτουργίες.

Ο άλλος "μεγάλος" της αμερικανικής ρομποτικής είναι η *Cincinnati-Milacron*. Η άφιξη της στην αγορά έγινε μετά από εκείνη της *Unimation*, αλλά τα πλεονεκτήματα της φάνηκαν πως ήταν από την πρώτη στιγμή σημαντικά, αφού η *Cincinnati* ήταν η πρώτη αμερικάνικη κατασκευάστρια εργαλειομηχανών και έτσι διαθέτει μια σημαντική "στρατηγική βάση". Το μερίδιό της στην αγορά των Η.Π.Α. ήταν την περίοδο 1980-81 ίσο με 32%, αλλά έπεσε στο 18% το 1982. Το άνοιγμα της στην αγορά έγινε αμέσως στα ρομπότ ανώτερης κλίμακας, με δύο βασικά μοντέλα που η ακρίβεια τους και η αξιοπιστία τους εγγυήθηκαν τη γρήγορη διείσδυση στην αυτοκινητοβιομηχανία (ιδιαίτερα *Ford* και *General Motors*) στους τομείς εφαρμογής, στα χυτήρια και στα σιδηρουργεία συγκόλλησης. Επίσης η *Cincinnati* επέκτεινε τις εφαρμογές της στην αεροναυπηγική, ενώ παράλληλα συμμετείχε σαν μοναδικός συνεταίρος για τη ρομποτική σε ένα μεγάλο εθνικό πρόγραμμα (ICAM) που εκτός απ' αυτήν και τις εταιρείες λογισμικού περιελάμβανε όλες τις μεγάλες εταιρείες του στρατιωτικού και μη τομέα (*Boeing*, *Douglas*, *Locheed*, *General Dynamics* κ.α.)

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονίσουμε ότι ο κύκλος εργασιών της *Unimation* οφείλεται 100% σε πωλήσεις ρομπότ, ενώ στην περίπτωση της *Cincinnati* μόνο το 5% των συνολικών πωλήσεων αναφέρεται στις πωλήσεις ρομπότ.

Έπειτα γύρω στο 1983, η αμερικανική αγορά ρομπότ διαφοροποιήθηκε με αποτέλεσμα μικρομεσαίες επιχειρήσεις να γνωρίσουν σημαντική ανάπτυξη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η *Automatics*. Παράλληλα πολλές εταιρείες που προσδοκούσαν να γίνουν μεγάλοι χρήστες ρομπότ παγιώνονταν ως παραγωγοί για ίδια χρήση, καθώς και για πωλήσεις προς τρίτους. Τέτοιες εταιρείες είναι οι: *General Motors*, *IBM*, *General Electric*, *Bendix*, *Intelledex* κ.α.

Σήμερα η σημαντικότερη εταιρεία παραγωγής ρομπότ είναι η *Adept Technology*. Η *Adept* είναι ο μόνος παραγωγός των Η.Π.Α., που κατάφερε να επιζήσει από τις αλλεπάλληλες πιέσεις που άσκησαν οι ιαπωνικές εταιρείες στην παγκόσμια αγορά. Οι πωλήσεις της, στα τέλη του 1996, ανέρχονται σε 50 εκ. δολλάρια, σε μία αγορά των 700 εκ. δολλαρίων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ο Πίνακας 3.1 δίδει τις καθαρές νέες παραγγελίες ρομπότ και την αντίστοιχη αξία τους, στις Η.Π.Α. κατά τη δεκαετία 1984-1994.

ΝΕΕΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΕΣ ΣΤΙΣ Η.Π.Α.

<i>Έτος</i>	<i>Αριθμός Ρομπότ</i>	<i>\$US</i>
1984	5800	\$480M
1985	6200	\$380M
1986	5400	\$320M
1987	3800	\$300M
1988	4000	\$325M
1989	4500	\$510M
1990	5000	\$510M
1991	4000	\$410M
1992	5250	\$500M
1993	6800	\$630M
1994*	4335	\$383M

* Τα στοιχεία αναφέρονται στο 1ο εξάμηνο του 1994

Πηγή: Περιοδικό "New York Times", 7 Σεπτεμβρίου 1994

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

3.3 Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΟΜΠΟΤ ΣΤΗΝ ΙΑΠΩΝΙΑ

Από τις Η.Π.Α. ο σχεδιασμός και η κατασκευή των ρομπότ πέρασαν στην Ιαπωνία. Πολύ νωρίς, αφού από το 1968 μέχρι το 1975 υπογράφηκαν πολλές στρατηγικής σημασίας συμφωνίες, ανάμεσα τους η συμφωνία *Unimation-Kawasaki*, όπως και εκείνη μεταξύ της *Daido Steel* και της *A.M.F.* Σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη της ιαπωνικής ρομποτικής έπαιξε η συμφωνία ανάμεσα στην *Kobe Steel* και την νορβηγική *Trafal*, μια από τις πιο μεγάλες στη συγκόλληση σε παγκόσμιο επίπεδο. Έτσι εξασφαλίστηκε η αρχική μεταφορά προς την Ιαπωνία της βασικής τεχνογνωσίας και τεχνολογίας, σε τέτοιο σημείο, ώστε η Ιαπωνία να γίνει ταυτόχρονα ο πρώτος κατασκευαστής και ο πρώτος χρήστης ρομπότ. Αναλυτικότερα, η ιαπωνική παραγωγή βιομηχανικών ρομπότ αυξήθηκε με γρήγορο ρυθμό στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Η παραγωγή από 269 ρομπότ το 1976 έφτασε στα 3.150 ρομπότ το 1980, με ετήσια αύξηση όγκου ίση προς 85%

ΙΑΠΩΝΙΑ: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

Είδος Ρομπότ :	1976		1977		1978		1979		1980	
	Μον.	Εκ. Γεν	Μον	Εκ. Γεν	Μον.	Εκ. Γεν	Μον.	Εκ. Γεν	Μον.	Εκ. Γεν
Ανάδρασης	183	1999	357	3761	506	4373	662	6653	2027	15785
Αριθμητικού										
ελέγχου NC	6	52	11	85	25	273	89	1745	992	2160
Προηγμένα	80	850	199	2361	255	2817	788	3698	1310	21795
Σύνολο	269	2901	567	6207	786	7463	1539	12096	4329	39740

Πηγή : Ιαπωνική Ένωση Παραγωγών Ρομπότ (JIRA)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2

Αρχικά, η ιαπωνική παραγωγή περιοριζόταν σε λιγότερο προηγμένα ρομπότ πρώτης γενιάς. Όμως, με την ουσιαστική πρόοδο στη σχετική τεχνολογία, το μερίδιο των πιο πολύπλοκων ρομπότ αυξήθηκε κατά την περίοδο που μεσολάβησε ανάμεσα στο 1976 και το 1980 από το 4% στο 16% του συνολικού όγκου της παραγωγής.

ΙΑΠΩΝΙΑ: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

	1976	1977	1978	1979	1980
Ρομπότ ανάδρασης	68,0	63,0	64,4	43,0	46,8
Ρομπότ αριθμητικού ελέγχου NC	2,2	1,9	3,2	5,8	22,9
Προηγμένα ρομπότ	29,8	35,1	32,4	51,2	30,3
Σύνολο	100%	100%	100%	100%	100%

Πηγή: JIRA

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3**ΧΡΗΣΗ ΡΟΜΠΟΤ ΚΑΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΚΛΑΔΟ ΣΤΗΝ ΙΑΠΩΝΙΑ**

(επί τοις εκατό κατανομή βάσει των ολικών πωλήσεων)

	1976	1977	1978	1979	1980
Αυτοκίνητα	30	34	39	38	30
Ηλεκτρικά μηχανήματα	21	23	24	18	36
Εγχυση πλαστικών	13	10	10	11	10
Προϊόντα μετάλλου	6	3	7	8	5
Σίδηρος και χάλυβας	6	6	3	4	1
Λοιποί κλάδοι	24	24	7	21	18

Πηγή: Ιαπωνική Ένωση Ρομπότ JIRA

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4

Η εκπληκτική αυτή άνοδος της Ιαπωνίας σε δύναμη δεν κατήργησε τη συνεργασία της με τις Η.Π.Α. Αντίθετα, ακόμα και σήμερα, συμφωνίες κάθε τάξης (απλή εμπορικοποίηση, αλλά και πατέντων και έρευνας - ανάπτυξης) πολλαπλασιάζονται ανάμεσα σε αμερικάνικες και ιαπωνικές εταιρείες και συχνά συνοδεύονται από ένα καθαρό μοίρασμα των αγορών σύμφωνα με τις προβλεπόμενες γεωγραφικές ζώνες και τα επίπεδα κλίμακας.

Από την άποψη των κατασκευαστών ρομπότ, η Ιαπωνία ξεχωρίζει καθαρά από τις Η.Π.Α. τουλάχιστον σε ένα σημείο. Αντίθετα από τις Η.Π.Α., όπου είδαμε ότι η προσφορά, τα πρώτα χρόνια, κυριαρχείται από δύο ομίλους (Unimation και Cincinnati), στην Ιαπωνία η βιομηχανία ρομπότ δεν είναι συγκεντρωτική. Το 1980 οι πέντε πρώτοι

παραγωγοί καλύπτουν το 29% της αγοράς και οι 16 πρώτοι το 43%. Το 1980, η κατάταξη είχε ως εξής: *Kawasaki* 15%, *Toshiba-Seiki* 5.5%, *AIDE Engineering* 5.2%, *STAR- SEIKI* 5%, *Hitachi* 4.7%, *Mitsubishi* 4%, *Yaskawa* 3.7%. Με άλλα λόγια, η ιαπωνική βιομηχανία ρομπότ χαρακτηρίζεται από ευρεία διασπορά της παραγωγής και από πολυάριθμες επιχειρήσεις. Το 1984 ασχολούνταν με την παραγωγή ρομπότ περί τις 100 επιχειρήσεις, από τις οποίες οι μισές είχαν μεσαίο και μικρό μέγεθος. Αρκετές από αυτές τις επιχειρήσεις που ασχολούνται με τη παραγωγή ρομπότ αποτελούν τμήματα μεγαλύτερων μηχανοκατασκευαστικών εταιρειών. Έτσι τα τμήματα παραγωγής ρομπότ είναι ενσωματωμένα σε πολύ μεγαλύτερα βιομηχανικά συγκροτήματα που είναι τα ίδια συχνοί χρήστες ρομπότ.

Τέλος, η στρατηγική των περισσότερων από τις μεγάλες παραγωγικές εταιρείες της Ιαπωνίας είναι η ανάπτυξη και η χρησιμοποίηση ρομπότ στις ίδιες τους τις εγκαταστάσεις με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητάς τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η *Hitachi*, η οποία είχε επιδοθεί σε ένα πρόγραμμα έρευνας και ανάπτυξης ενός ευφυούς ρομπότ που θα αναλάμβανε πολύπλοκα καθήκοντα συναρμολόγησης στις παραγωγικές της εγκαταστάσεις.

3.3.1 Ιαπωνία, μια από τις ισχυρότερες χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο στον τομέα της ρομποτικής.

Σύμφωνα με τα λεγόμενα του *Yukio Hasegawa* στο 4ο Συνέδριο Ρομποτικής και Αυτοματισμού - *The 4th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision* - που πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 1996, σήμερα στην Ιαπωνία χρησιμοποιούνται πάνω από 600.000 ρομπότ. Το πλήθος αυτό καλύπτει περίπου το 60% του παγκόσμιου πληθυσμού, γεγονός που καθιστά την Ιαπωνία μία από τις ισχυρότερες χώρες, σε παγκόσμιο επίπεδο, στον τομέα της ρομποτικής. Ο παραπάνω ρομποτικός πληθυσμός αναφέρεται κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές, ταυτόχρονα όμως αναπτύσσονται και άλλες μη μεταποιητικές εφαρμογές. Τέτοιες είναι τα "μουσικά" ρομπότ, ικανά να παίζουν βιολί, φλάουτο, τρομπέτα κ.α., τα "ιατρικά" ρομπότ που βοηθούν σε χειρουργικές επεμβάσεις εγκεφάλου, καρδιάς κ.λ.π., αλλά και τα μικρορομπότ, τα οποία διαθέτουν μικροαισθητήρες και είναι πολύ πιο ευέλικτα από τα "κλασσικά" ρομπότ.

Στη συνέχεια αναλύονται οι λόγοι για τους οποίους η Ιαπωνία παρουσιάζεται ως μια από τις μεγαλύτερες δυνάμεις στο χώρο της ρομποτικής. Αναμφισβήτητα ο σημαντικότερος παράγοντας για την επέκταση της ρομποτικής στις ιαπωνικές επιχειρήσεις, είναι η θέληση της συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας των προϊόντων και η επιζήτηση μιας όλο και μεγαλύτερης ευελιξίας στην παραγωγή. Όμως ένα πολύ σημαντικό ρόλο έπαιξε και η κατάσταση της αγοράς εργασίας που μετατοπίστηκε στο πλαίσιο του ιαπωνικού συστήματος απασχόλησης:

- η έλλειψη ειδικευμένων εργατών είναι μια σταθερά της ιαπωνικής αγοράς εργασίας από τη δεκαετία του 1960. Το πρόβλημα αυτό από το οποίο δοκιμάστηκαν σκληρά οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις, ευνόησε πιθανά την αυτοματοποίηση σ' αυτήν την κατηγορία επιχειρήσεων.
- η ανύψωση του γενικού εκπαιδευτικού επιπέδου μείωσε την προσφορά νέων που έβγαιναν από τον πρώτο κύκλο, ενώ οι επιχειρήσεις συνήθιζαν να στρατολογούν την

εργατική τους δύναμη στο επίπεδο αυτό. Εκείνοι που ακολουθούσαν μια μακρύτερη εκπαίδευση, αποστρέφονταν τις επίπονες και επικίνδυνες εργασίες και στρέφονταν, όσο αυτό ήταν δυνατό, στον τριτογενή τομέα ή στις απασχολήσεις διαχείρισης.

- η γρήγορη γήρανση του πληθυσμού σε ένα σύστημα που προνομοποιεί εσκεμμένα τους νέους, αφού είναι λιγότερο δαπανηρή εργατική δύναμη, υποκίνησε επίσης σε μεγάλο βαθμό την οικονομία ζωντανής εργασίας.
- η ένταξη σε μια επιχείρηση περισσότερο παρά σ'έναν επαγγελματικό κλάδο, η εγγύηση της απασχόλησης για τους μισθωτούς που επωφελούνταν ισόβια απασχόληση (30% περίπου των γιαπωνέζων μισθωτών) και μια έννοια ειδίκευσης περισσότερο στραμμένης προς την πολυμιξία, διευκόλυναν την εσωτερική κινητικότητα και επομένως τις αναδιαρθρώσεις που συνδέονταν με τις τεχνολογικές μεταβολές.
- η αργοπορημένη συνειδητοποίηση των αρνητικών αποτελεσμάτων της ρομποτικής στην απασχόληση, η οποία οφείλεται σε μια συνδικαλιστική δομή οργανωμένη κατά επιχείρηση. Παράλληλα, το συνδικάτο της επιχείρησης συγκεντρώνει μονάχα τους κανονικούς εργαζόμενους, ενώ οι "πρόσκαιροι", οι εποχιακοί και οι γυναίκες (κατηγορίες που προστιθέμενες αποτελούν το ουσιαστικό μέρος του μισθωτού πληθυσμού) ήταν οι πρώτοι στόχοι από τις μειώσεις προσωπικού.

3.4 Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΟΜΠΟΤ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Στον ευρωπαϊκό χώρο, οι χώρες που κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό επί των πωλήσεων ρομπότ είναι οι ακόλουθες:

Σουηδία

Η Σουηδία είναι ο πρώτος Ευρωπαίος παραγωγός ρομπότ με ένα μερίδιο ίσο περίπου με το 24% της δυτικοευρωπαϊκής αγοράς. Επίσης είναι η μόνη ευρωπαϊκή χώρα με μεγάλη διεθνή παρουσία στο πεδίο των πωλήσεων ρομπότ. Η ηγετική θέση της Σουηδίας μπορεί να αποδοθεί κατά κύριο λόγο, στη στρατηγική του κυριότερου εγχώριου παραγωγού, της εταιρίας *Asea* και στην υποβοήθηση της σουηδικής παραγωγής από τον ταχύ εσωτερικό ρυθμό εξάπλωσης των ρομπότ. Στους υπόλοιπους σουηδικούς παραγωγούς περιλαμβάνονται οι εταιρείες *Electrolux*, *Kaufelt* και *Atlas Copco*. Η *Asea* εξαγόρασε, σχετικά πρόσφατα, συμφέροντα σχετικά με τα ρομπότ της *Electrolux*, αποκτώντας έτσι ένα μερίδιο ίσο με το 1/5 της συνολικής ευρωπαϊκής αγοράς. Παράλληλα κατείχε, γύρω στο 1984, το 7% περίπου της αμερικανικής αγοράς με πωλήσεις στις Η.Π.Α. 9 εκ. δολλαρίων, ενώ συναρμολογεί ρομπότ και στην Ιαπωνία, λόγω της αυξημένης ζήτησης από τις πέντε τοπικές αυτοκινητοβιομηχανίες. Η σουηδική αυτή εταιρεία είναι σήμερα ηγέτης της αγοράς στις πωλήσεις ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου και συγκαταλέγεται στους κορυφαίους πέντε παραγωγούς ρομπότ σημειακής ηλεκτροσυγκόλλησης (πονταρίσματος).

Νορβηγία

Η νορβηγική εταιρεία *Trallfa* έχει ένα σημαντικό μερίδιο στην αγορά των ρομπότ βαφής στην Ευρώπη, την Ιαπωνία και τις Η.Π.Α., το οποίο υπολογίζεται περίπου στο 80% των παγκόσμιων αποθεμάτων σε ρομπότ βαφής.

Η *Trallfa* αποτελεί ένα καλό παράδειγμα μια μικρής εταιρείας, σε μια μικρή χώρα, που έχει ειδικευθεί σε ένα προϊόν και έχει γίνει η πρώτη στον τομέα της. Ένας από τους λόγους για τα σχετικά υψηλά μερίδια αγοράς, που έχει αυτή η εταιρεία, είναι η

χρησιμοποίηση βιομηχανικών ρομπότ από την αυτοκινητοβιομηχανία στον τομέα της επεξεργασίας επιφανειών.

Αγγλία

Η Μεγάλη Βρεταννία διέθετε μια μικρή βάση παραγωγής στον τομέα των βιομηχανικών ρομπότ, με περίπου 8 παραγωγούς. Αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης ήταν η εισαγωγή ενός μεγάλου ποσοστού των απαιτούμενων για τη βιομηχανία της ρομπότ.

Όμως, η αναλογία της εγχώριας παραγωγής προς τις πωλήσεις βελτιώθηκε περίπου το 1985. Σ' αυτό συνέβαλαν η εγκατάσταση εργοστασίου της *Unimation*, οι συμφωνίες *Dainichi Kiko* και του συγκροτήματος *Sykes*, του συγκροτήματος 600 και της *Fanuc*, καθώς επίσης και η συνεργασία της *GEC Electrical Projects* με την *Hitachi*.

Γερμανία

Η Γερμανία έχει περί τους 20 εγχώριους παραγωγούς βιομηχανικών ρομπότ από τους οποίους ο μεγαλύτερος είναι η *KUKA*, ακολουθούμενη από την *Unimation* και την *Trallfa*. Οι πωλήσεις ανέρχονται περίπου στο 25% της γερμανικής αγοράς. Επίσης μεγάλες ηλεκτρομηχανικές εταιρείες, όπως η *Siemens* και η *Volkswagen*, έχουν ιδρύσει θυγατρικές εταιρείες με σκοπό την παραγωγή ρομπότ. Οι συνολικές πωλήσεις ρομπότ στη Γερμανία και η κατανομή τους μεταξύ εισαγωγών και εγχώριας παραγωγής έχει ως εξής:

Επί πωλήσεων 1.113 μονάδων η εγχώρια παραγωγή καλύπτει το 50,5% και οι εισαγωγές το 49,5%.

Γαλλία

Στη Γαλλία υπάρχουν περίπου 12 εταιρείες παραγωγής ρομπότ, οι οποίες έχουν την τάση να είναι μικρές και εξειδικευμένες. Η μόνη εξαίρεση είναι η *Renault*, η οποία

είναι παραγωγός με μεγάλη κλίμακα. Απορροφά περίπου το 50% της παραγωγής της και το υπόλοιπο το διαθέτει σε άλλες αυτοκινητοβιομηχανίες, όπως η Peugeot, η ισπανική Citroen και η βελγική Volvo.

Η διείσδυση των εισαγόμενων ρομπότ είναι σχετικά μεγάλη και οι υπάρχουσες εκτιμήσεις δείχνουν ότι το 50% των ρομπότ εισάγονται από το εξωτερικό. Η κυβέρνηση έδωσε πρόσφατα αυξημένη προτεραιότητα με στόχο την ανάπτυξη μιας ισχυρής παραγωγικής βάσης στον τομέα των ρομπότ.

Ιταλία

Η Ιταλία τέλος, έχει τέσσερις κύριους παραγωγούς ρομπότ και πολλές μικρότερες εταιρείες, μερικές από τις οποίες είναι πολύ εξειδικευμένες. Η παραγωγή μοιράζεται ανάμεσα στην *Basfer* (16%), την *Olivetti - Osai* (7%), την *Norda* (55%) και την *Comau - Fiat* (8%). Οι πωλήσεις της Fiat και της Olivetti ήταν αρχικά εσωτερικές αλλά στην συνέχεια απευθύνθηκαν και στην ελεύθερη αγορά. Η εγχώρια παραγωγή αναπτύχθηκε ταχέως, μεταξύ των ετών 1975 και 1979, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 63% από πλευράς αξίας. Οι εξαγωγές αυξήθηκαν επίσης γρήγορα, φτάνοντας το 40% σχεδόν της παραγωγής το 1979.

Παράλληλα σημαντικό μερίδιο στην παγκόσμια αγορά κατέχει και η Ελβετική *Staubli* που εξαγόρασε τη Westinghouse, σε μια περίοδο κρίσης της τελευταίας. Τέλος εξίσου σημαντική εταιρεία παραγωγής ρομπότ είναι η Αυστριακή *Motoman*, η οποία στην ουσία είναι μία Ιαπωνική εταιρεία με έδρα την Αυστρία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ζήτηση των ρομπότ

4.1 Ο ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στην αυξανόμενη ζήτηση σε εφαρμογές βιομηχανικών ρομπότ. Ο Πίνακας 4.1 παρουσιάζει τον αριθμό των ρομποτικών εφαρμογών σε παγκόσμιο επίπεδο, κατά τη χρονική περίοδο 1974-1990. Στον Πίνακα 4.2 δίδεται η ποσοστιαία (%) αύξηση της ζήτησης σε ρομπότ κατά το αντίστοιχο χρονικό διάστημα, ενώ τέλος, ο Πίνακας 4.3 παρουσιάζει το πλήθος των εφαρμογών στις Η.Π.Α., Ιαπωνία και Δυτική Ευρώπη κατά τη δεκαετία του 1990.

ΤΟ ΠΛΗΘΟΣ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

	1974	1977	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1990
Αγγλία	136	205	371	713	1152	1753	2623	3017	12000
Γερμανία	133	541	1255	2300	3500	4808	6600	8800	22000
Γαλλία	30	117	200	250	300	1500	1800	2300	6000
Ιταλία	93	231	400	420	550	1800	2100	2500	4500
Σουηδία	164	485	1200	1300	1450	1900	2300	2800	6300
Άλλες χώρες	283	320	430	450	660	1020	1500	1800	6200
Σύνολο	839	1899	3856	5433	7612	12781	16923	21217	57000
Β.Αμερική	1200	2500	3500	5000	6250	8000	14550	16000	40000
Δ.Ευρώπη	839	1899	3856	5433	7612	12781	16923	21217	57000
Α.Ευρώπη			500	550	600	900	1100	1300	3500
Ιαπωνία	1500	2200	6000	9000	13000	16500	22000	93000	274210
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	3539	6599	13856	19983	27462	38181	54573	131517	374710

Πηγή: “ Encyclopedia of Robotics “ DORF

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

Η ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

	74-77	77-80	80-81	81-82	82-83	83-84	84-85	85-90*
Αγγλία	51	81	92	62	52	50	15	298
Γερμανία	307	132	83	52	37	37	33	150
Γαλλία	290	71	25	20	400	20	28	160
Ιταλία	148	73	5	31	227	16	19	80
Σουηδία	196	147	8	12	31	21	22	125
Άλλες χώρες	13	34	5	47	55	47	20	244
Σύνολο	126	103	41	40	70	32	25	169
Β.Αμερική	108	40	42	25	28	82	10	150
Δ.Ευρώπη	126	103	41	40	68	32	25	168
Α.Ευρώπη			10	9	50	22	18	169
Ιαπωνία	47	173	50	44	27	33	322	194
ΣΥΝΟΛΟ	86	110	44	37	39	48	141	185

* Η συνολική αύξηση για τα 5 χρόνια 1985-1990

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2

ΠΛΗΘΟΣ ΡΟΜΠΟΤ ΣΤΗ ΔΕΚΑΕΤΙΑ ΤΟΥ 1990

	Ιαπωνία	Η.Π.Α.	Δ.Ευρώπη	Σύνολο * *	Ετήσια αύξηση
1990	274210	40000	67762	459875	19,2%
1991	324895	44000	79682	532765	15,8%
1992	349458	47000	91500	574320	7,8%
1993	368054	50000	101834	610605	6,3%
1994	388000	56000	113000	653000	6,9%
1995	411000	62000	126000	701000	7,4%
1996	442000	70000	138000	761000	8,6%
1997*	478000	78000	153000	831000	9,2%
* Πρόβλεψη από την JIRA					
* * Στο παγκόσμιο σύνολο συμπεριλαμβάνονται οι πληθυσμοί κι άλλων χωρών					

Πηγή : "Industrial Robot" Vol.22 No.1 1995

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 4.3 η Ιαπωνική Ένωση Βιομηχανικών Ρομπότ (JIRA) έχει κάνει μια πρόβλεψη του πληθυσμού των ρομπότ, για το 1997. Σύμφωνα με αυτή την πρόβλεψη ο παγκόσμιος πληθυσμός θα αυξηθεί από 761.000 ρομπότ, που ήταν το 1996 σε 831.000, δηλαδή ποσοστό αύξησης 9,2%. Πιο συγκεκριμένα για την Ιαπωνία έχει προβλεφθεί ότι ο αριθμός των εφαρμογών της σε ρομπότ θα αυξηθεί από 442.000 που ήταν στο τέλος του 1996 σε 478.000. Αυτό σημαίνει ότι η Ιαπωνία παραμένει η πρώτη χώρα στον τομέα της ρομποτικής. Παράλληλα το ποσοστό του πλήθους των εφαρμογών της σε σχέση με το παγκόσμιο σύνολο προβλέπεται ότι θα ανέρχεται στο 57,5%. Θα υπάρξει δηλαδή μία σχετικά μικρή μείωση, καθώς το αντίστοιχο ποσοστό στα τέλη του 1995 ήταν της τάξεως του 60,3%. Για τις Η.Π.Α. προβλέπεται αύξηση του αριθμού των ρομπότ, από 70.000 (1996) σε 78.000, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό της θα είναι περίπου 9,4% του παγκόσμιου πληθυσμού. Αντίστοιχα για τη Δ. Ευρώπη προβλέπεται ότι ο ρομποτικός της πληθυσμός της θα φτάσει τις 153.000, ενώ θα έχει ένα μερίδιο της τάξεως του 18,4% του παγκόσμιου συνόλου των εφαρμογών των ρομπότ.

4.2 ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΖΗΤΗΣΗ

Όπως φαίνεται και από τους προαναφερθέντες πίνακες, παρουσιάζεται μια ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση σε εφαρμογές ρομπότ στη βιομηχανία. Σ' αυτό συντελούν πολλοί παράγοντες, μερικοί από τους οποίους είναι σε πολλές περιπτώσεις αλληλοσυσχετιζόμενοι. Στους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνονται οι ακόλουθοι:

α) Βελτίωση της παραγωγικότητας

Η ανάγκη της αύξησης ή της διατήρησης της ανταγωνιστικότητας και μέσω αυτής της αύξησης παραγωγικότητας, αποτελεί ένα σπουδαίο παράγοντα για την αύξηση της ταχύτητας διάδοσης των βιομηχανικών ρομπότ. Μολονότι οι σχετικές στρατηγικές διαφέρουν κατά εταιρεία και χώρα, ένας πρωταρχικής σημασίας παράγοντας, είναι συχνά η ανάγκη του ανταγωνισμού προς την ηγετική επιχείρηση του κάθε συγκεκριμένου βιομηχανικού κλάδου. Μια σημαντική άποψη των επιπτώσεων των ρομπότ στην παραγωγικότητα είναι το ότι βοηθούν στην παραγωγή προϊόντων υψηλής και σταθερής ποιότητας. Παράλληλα η επιτυχής εφαρμογή των ρομπότ μπορεί να απαιτήσει τροποποιήσεις των προϊόντων, οι οποίες από μόνες τους ίσως γίνουν σημαντικές για την αύξηση της παραγωγικότητας.

β) Το κόστος εργασίας

Σε πολλές επιχειρήσεις η αύξηση του άμεσου κόστους της αμοιβής της εργασίας, σε συνδυασμό με το εκτός της αμοιβής κόστος της εργασίας (εργοδοτικές εισφορές

κοινωνικής ασφάλισης, προστατευτική νομοθεσία της απασχόλησης, πρόσθετες καταβολές κ.λ.π.) έπαιξε σημαντικό ρόλο στην τόνωση του ενδιαφέροντος για τον ευέλικτο αυτοματισμό. Σε αντίθεση με το αυξανόμενο κόστος εργασίας, οι τιμές των ρομπότ παραμένουν αρκετά σταθερές και σε ορισμένες περιπτώσεις μειώνονται, έτσι ώστε οι υπολογισμοί αποπληρωμής ευνοούν ολοένα και πιο πολύ τις επενδύσεις σε βιομηχανικά ρομπότ. Η εντεινόμενη τάση μείωσης των ωρών εργασίας, αύξησης της διάρκειας των αδειών μετ'αποδοχών κ.λ.π. θα τείνουν επίσης να ευνοήσουν τις επενδύσεις σε ρομπότ και άλλες μορφές ευέλικτου αυτοματισμού και αντίστροφα. Σε μερικές χώρες το πρόβλημα της αξιοπιστίας του εργατικού δυναμικού, είτε λόγω του υψηλού ποσοστού αδικαιολόγητων απουσιών είτε λόγω του μεγάλου αριθμού απεργιών είτε ίσως της έλλειψης σταθερότητας της ποιότητας των προϊόντων, βοήθησε να αυξηθεί η επιθυμία σε ρομπότ.

γ) Βελτίωση των συνθηκών εργασίας

Η αυξανόμενη αναγνώριση της ανάγκης για τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας και του επιπέδου ασφαλείας, με την εξάλειψη της χειρωνακτικής εργασίας σε περιβάλλοντα βλαπτικά για την υγεία, ακάθαρτα ή επικίνδυνα, καθώς επίσης και το κόστος της αντίστοιχης αποζημίωσης των εργαζομένων παίζουν σπουδαίο ρόλο στην τόνωση της ζήτησης των ρομπότ. Για παράδειγμα, στην Ιαπωνία ο Οργανισμός Δανειοδότησης Μικρών Επιχειρήσεων βοηθάει τις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις να αντικαταστήσουν τα εργατικά χέρια με ρομπότ σε περιοχές δραστηριοτήτων που παρουσιάζονται προβλήματα ασφαλείας ή υγείας. Οι προσπάθειες της βιομηχανίας για τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας έχουν επίσης τονωθεί από τη δυσκολία εξεύρεσης ή και διατήρησης εργατικού δυναμικού σε θέσεις εργασίας σε ακάθαρτο ή επικίνδυνο περιβάλλον.

δ) Ελλείψεις εργατικού δυναμικού

Παρά τους υψηλούς ρυθμούς ανεργίας των ημερών μας, υπάρχουν δυσκολίες σε πολλές χώρες ως προς την εξεύρεση ορισμένων τύπων ειδικευμένου εργατικού δυναμικού. Σε μερικές περιπτώσεις αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με τη

χρησιμοποίηση ρομπότ. Σε μια μακροπρόθεσμη προοπτική υπάρχουν ανησυχίες σε ορισμένες χώρες (π.χ. Ιαπωνία) ότι εξαιτίας της κατανομής της ηλικίας του πληθυσμού, καθώς επίσης και λόγω της ανόδου του μορφωτικού επιπέδου των νεοεισερχόμενων στην αγορά εργασίας, θα υπάρξει στο μέλλον έλλειψη ανειδίκευτων εργατικών χεριών. Τέλος, η αντίθεση του εργατικού δυναμικού στην τρίτη βάρδια αποτελεί ένα ακόμη παράγοντα που ευνοεί την υιοθέτηση του προηγμένου αυτοματισμού.

ε) Η ευελιξία της παραγωγικής διαδικασίας

Οι νέες βιομηχανικές αντιλήψεις βασίζονται στην αυξημένη ευελιξία της παραγωγής που διευκολύνει τη φθηνή και γρήγορη προσαρμογή των μηχανολογικών αλλαγών και των αλλαγών στις προτιμήσεις και τις απαιτήσεις των καταναλωτών, την εύκολη προσαρμογή στις διακυμάνσεις της ζήτησης, καθώς επίσης και την προσαρμογή στο βραχύτερο χρόνο ζωής που χαρακτηρίζει πολλά νέα προϊόντα. Η απαίτηση μεγαλύτερης ευελιξίας της παραγωγικής διαδικασίας σχετίζεται με πολλούς βιομηχανικούς τομείς που χρησιμοποιούν μεθόδους γραμμών συναρμολόγησης καθώς επίσης και με τομείς όπου η μεταποίηση βασίζεται σε μεθόδους κατά παρτίδες.

Σε αντίθεση με τους προαναφερθέντες παράγοντες, που τονώνουν τη ζήτηση, υπάρχουν άλλες δυνάμεις που ενεργούν ανασχετικά. Οι κυριότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι οι ακόλουθοι:

α) Το κόστος των ρομπότ

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι καθώς τα ρομπότ γίνονται πιο περίπλοκα και εκλεπτυσμένα, οι σχετικές μεταβολές της κατανομής του κόστους επηρεάζουν τις τιμές πώλησης. Στον παρακάτω πίνακα δίδεται μια εκτίμηση της ανάλυσης κόστους.

ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ

	1980	1985
Μηχανικό μέρος	15%	10%
Ηλεκτρονικό μέρος	15%	15%
Σύστημα κίνησης	20%	15%
Οπτική και σχεδιακή αναγνώριση	5%	15%
Αισθητήριες διατάξεις (sensors)	15%	25%

Έλεγχος με μικροϋπολογιστή	30%	20%
----------------------------	-----	-----

Πηγή: Η Επιστημονική Πρόοδος, Μάρτιος - Απρίλιος 1981

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4

Σε αντίθεση με το ονομαστικό κόστος, το πραγματικό κόστος που βασίζεται στα χαρακτηριστικά συμπεριφοράς και απόδοσης και σχετίζεται με την τιμή των εργατικών που υποκαθιστά το ρομπότ, έχει σε μερικές περιπτώσεις πτωτική εξέλιξη και είναι πιθανόν ότι θα εξακολουθήσει να πέφτει, με αποτέλεσμα την τόνωση των εφαρμογών.

Εκτός από το άμεσο κόστος αγοράς των ρομπότ, πρέπει να ληφθεί υπόψη και το κόστος της εγκατάστασης τους. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει τα παρελκόμενα συστήματα, το κόστος συντήρησης καθώς και το έμμεσο εργατικό κόστος, κονδύλια τα οποία πρέπει να συνεκτιμηθούν με τη μείωση στο άμεσο εργατικό κόστος. Για πολλές εφαρμογές ρομπότ είναι επίσης αναγκαία η επανασχεδίαση του σταθμού εργασίας και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρειασθεί και επανασχεδίαση του προϊόντος. Η τεχνική γνώση, καθώς και οι δαπάνες που μπορεί να χρειασθούν για την τροποποίηση της δομής της παραγωγής, μπορεί να σταθούν εμπόδιο στην υιοθέτηση των βιομηχανικών ρομπότ, κυρίως στην περίπτωση των μικρομεσαίων επιχειρήσεων. Μερικές εκτιμήσεις τοποθετούν το κόστος ενός πλήρους ρομποτικού συστήματος σε επίπεδα κατά 40% έως 150% υψηλότερα από το βασικό κόστος κτήσης του ρομπότ, όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΟΝΔΥΛΙΩΝ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

	Βασικό κόστος	Παρελκόμενα	Εγκατάσταση
Ηλεκτροσυγκόλληση	55%	30%	15%
Διακίνηση - Μεταφορά	67%	22%	11%
Μηχανουργική επεξεργασία	45%	35%	20%
Τροφοδότηση μηχανών	55%	20%	25%
Βαφή	70%	24%	6%
Συναρμολόγηση	40%	35%	25%

Πηγή: Ο νέος αυτοματισμός, Ιούνιος 1982

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5

β) Οι συνδικαλιστικές οργανώσεις

Η αντίθεση από μέρους των εργαζομένων απέναντι των υφιστάμενων ρομποτικών εγκαταστάσεων δεν είναι πολύ μεγάλη, εκτός από τις περιπτώσεις όπου τα ρομπότ χρησιμοποιούνται σε καθήκοντα συναρμολόγησης. Παρά την αναγνώριση από πολλές συνδικαλιστικές ομάδες του γεγονότος ότι η χρησιμοποίηση των ρομπότ είναι αναγκαία για την διατήρηση και την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας μιας επιχείρησης, υπάρχει μια ανησυχία ως προς τις επιπτώσεις από τα ρομπότ στην εργασιακή απασχόληση. Έτσι στην Ιαπωνία η ανησυχία για τη μελλοντική επίδραση των ρομπότ οδήγησε στη διενέργεια μιας διετούς μελέτης από το υπουργείο Εργασίας με σκοπό την εξέταση των κοινωνικών επιπτώσεων, από την εφαρμογή τους.

γ) *Η οικονομική θέση των επιχειρήσεων*

Η ασθενής οικονομική κατάσταση των εταιρειών έχει αναφερθεί ως ένας από τους λόγους που επιβραδύνουν την ευρύτερη εφαρμογή των βιομηχανικών ρομπότ, παρά την προφανή παραγωγικότητά τους. Το υψηλό κόστος της χρηματοδότησης αυξάνει τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι οικονομικά ασθενείς επιχειρήσεις. Για τις μικρές και τις μεσαίες επιχειρήσεις η κατάσταση συχνά είναι ακόμα πιο δύσκολη. Παρά τις προφανείς δυνατότητες των ρομπότ να διευρύνουν τα περιθώρια κέρδους, η έλλειψη χρηματοοικονομικών πόρων μπορεί να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα στη χρησιμοποίησή τους.

δ) *Η ενημέρωση ως προς τα ρομπότ*

Παρατηρείται μία έλλειψη γνώσης των δυνατοτήτων και των περιορισμών των ρομπότ στη βιομηχανία, η οποία είναι ιδιαίτερα εμφανής στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκαν επαγγελματικές ενώσεις ασχολούμενες με ρομπότ (όπως *British Robot Association, Robot Institute of America, Japanese Industrial Robot Association*), οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση της ενημέρωσης τόσο σε γενικό όσο και σε τεχνικό επίπεδο. Επιπλέον, οι οργανώσεις αυτές χρησιμεύουν σαν το εστιακό σημείο όπου συναντώνται πιθανοί χρήστες, παραγωγοί και πολιτικοί παράγοντες.

ε) Ελλείψεις τεχνικού προσωπικού

Ένας παράγοντας που παρεμποδίζει σε μερικές χώρες τη ζήτηση είναι η έλλειψη μηχανικών και τεχνικών με πείρα στις εφαρμογές των ρομπότ. Στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να είναι χρήσιμες πολιτικές υποβοήθησης των επιχειρήσεων, κυρίως των μικρομεσαίων, στην ανάληψη των δαπανών εξασφάλισης των απαραίτητων συμβουλευτικών τεχνικών υπηρεσιών.

Είναι δύσκολο να προσδιορίσει κανείς ποιός επιμέρους συγκεκριμένος παράγοντας έχει παίξει ή πρόκειται να παίξει τον σπουδαιότερο ρόλο στη τόνωση της ζήτησης των ρομπότ. Αυτό εξαρτάται συχνά από τη περιοχή εφαρμογής και από τις ιδιαίτερες συνθήκες της κάθε χώρας. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως, το τελικό αποτέλεσμα λόγω της περικοπής του κόστους και της αύξησης της παραγωγικότητας καθιστά την επένδυση σε ρομπότ οικονομικά επωφελής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Η ρομποτική στην Ελλάδα

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε σχέση με το διεθνή χώρο, οι εφαρμογές της ρομποτικής στην Ελλάδα είναι περιορισμένες. Η ιδιαιτερότητα στην ελληνική βιομηχανία είναι ότι το πεδίο δράσεως των αυτοματισμών των παραγωγικών διαδικασιών, δεν έχει διευρυνθεί στο μέτρο που ακολούθησαν οι βιομηχανίες του εξωτερικού.

Η διεθνής οικονομική και τεχνολογική πραγματικότητα απαιτεί την όλο και μεγαλύτερη ολοκλήρωση της βιομηχανικής παραγωγής μέσω των νέων τεχνολογιών όπως για παράδειγμα της ρομποτικής. Οι αυξανόμενες απαιτήσεις για ανταγωνιστικότητα και παραγωγικότητα ωθούν τις ελληνικές επιχειρήσεις, στην προσπάθεια για ένα άνοιγμα στις τεχνολογικές καινοτομίες και εφαρμογές. Αυτή ωστόσο η πορεία εμποδίζεται από διάφορα προβλήματα, τα οποία προκύπτουν από την ιδιαιτερότητα των ελληνικών επιχειρήσεων. Η Ελλάδα πάσχει από έλλειψη οργανωτικότητας. Οποιοσδήποτε προσπάθειες γίνονται για εκσυγχρονισμό από τις παραγωγικές μονάδες περιορίζονται λόγω ακριβώς της έλλειψης οργανωτικότητας, ενώ είναι σαφές ότι αν οι δυνάμεις διαταχθούν σωστά, θα υπάρξουν αποτελέσματα. Επίσης πολλά από τα προβλήματα που υπάρχουν, σχετίζονται με το μέγεθος των επιχειρήσεων οι οποίες κατά πλειοψηφία είναι μικρομεσαίες, και αυτό τις κάνει επιφυλακτικές σε μακροχρόνιες ή σημαντικού ύψους επενδύσεις για εκσυγχρονισμό των παραγωγικών διαδικασιών τους.

5.2 ΟΙ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα σήμερα υπάρχουν δύο εταιρείες ρομποτικής, η εταιρεία βιομηχανικού αυτοματισμού *Ζήνων Α.Ε.* και η *Kouvalias Robots and Vision Systems*. Βασικό χαρακτηριστικό αυτών των εταιρειών δεν είναι η παραγωγή ρομπότ αλλά η μεταφορά τεχνογνωσίας, η προσαρμογή της σε κάποια προϊόντα, και παράλληλα η ενσωμάτωση της δικής τους τεχνογνωσίας. Πρόκειται λοιπόν για εταιρείες που εισάγουν ρομπότ από παραγωγούς του εξωτερικού και στη συνέχεια τα προσφέρουν στην ελληνική αγορά, προσθέτοντας τη δική τους τεχνογνωσία και προσαρμόζοντας τα στις απαιτήσεις των πελατών τους. Πέρα όμως από τις ρομποτικές εγκαταστάσεις, οι ελληνικές εταιρείες ρομποτικής, συμπληρώνουν το φάσμα δραστηριοτήτων τους και με άλλες εγκαταστάσεις αυτοματισμού που αφορούν την ολοκληρωμένη παραγωγή με υπολογιστές (CIM).

Η εταιρεία με το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς είναι η Ζήνων, με καταμετρημένα 25 εγκατεστημένα ρομποτικά συστήματα, ενώ η Kouvalias Robots and Vision Systems έχει περιοριστεί σε πολύ λιγότερες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι ελληνικές εταιρείες ρομποτικής, βρίσκόμενες σε άμεση και συνεχή επαφή με τους πελάτες τους, ακολουθούν μια πολιτική εγκατάστασης “με το κλειδί στο χέρι” (turn-key installation) στους χώρους παραγωγής του πελάτη, προσφέροντας ένα ολοκληρωμένο “πακέτο” ρομποτικής εγκατάστασης, αναλαμβάνοντας όλη την ευθύνη, και περιλαμβάνοντας όχι μόνο τοποθέτηση και δοκιμή αλλά και συνεχή υποστήριξη για συντήρηση και εκπαίδευση.

5.2.1 Η εταιρεία Ζήνων Α.Ε.

Η Ζήνων Α.Ε. ιδρύθηκε το 1987 με στόχο την εισαγωγή των τεχνολογιών της αυτοματοποίησης στην ελληνική βιομηχανία. Η εταιρεία ειδικεύεται στα βιομηχανικά ρομπότ, την τεχνητή όραση και το CIM. Παρά το δυσμενές επιχειρηματικό κλίμα, η Ζήνων πέτυχε να υλοποιήσει πολυάριθμα συμβόλαια σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς. Ανάμεσα στις ρομποτικές εγκαταστάσεις που πραγματοποίησε στην ελληνική βιομηχανία συμπεριλαμβάνονται: συγκολλήσεις επίπλων, εξαρτημάτων αυτοκινήτων και μεταλλικών δοχείων πίεσης, συναρμολογήσεις ηλεκτρονικών και ηλεκτρομηχανολογικών προϊόντων, βαφή οχημάτων, καθώς και συσκευασία προϊόντων σοκολατοποιίας και τυποποιημένων τροφίμων. Επίσης έχει συνεργαστεί με διάφορα εκπαιδευτικά ιδρύματα, όπως το Πολυτεχνείο Κρήτης, το Πολυτεχνείο Πατρών, το Πανεπιστήμιο Θράκης, το Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο κ.α. στα πλαίσια εξοπλισμού των εργαστηρίων ρομποτικής τους.

Τέλος με τη συμμετοχή της στα Ευρωπαϊκά Προγράμματα Έρευνας & Ανάπτυξης (όπως το ESPRIT, το RACE, το EURECA κ.α.) πραγματοποίησε την ανάπτυξη ενός διεθνώς πρωτοποριακού συστήματος λείανσης με ρομπότ και έλεγχο δύναμης ενσωματωμένο στο εργαλείο αφαίρεσης υλικού, που κατοχυρώθηκε ως ευρεσιτεχνία. Στη συνέχεια παρατίθεται ο Πίνακας 5.1 ο οποίος αναφέρει τις κυριότερες εφαρμογές ρομπότ που έχει πραγματοποιήσει η Ζήνων Α.Ε. στην ελληνική βιομηχανία.

ΡΟΜΠΟΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΖΗΝΩΝ Α.Ε.

ΚΛΑΔΟΣ	ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΕΤΟΣ
Μεταλλικά Έπιπλα	ΧΡΥΣΟΒΙΤΣΙΩΤΗΣ	Συγκόλληση	1991
Ανταλ. Αυτοκινήτων	STELCO	Συγκόλληση	1991
Επεξεργασία Ορυκτών	IDEAL STANDARD	Βαφή με ρομπότ	1991
Οικιακές Συσκευές	CAMELIA	Συγκόλληση	1992
Επεξεργασία Μετάλλου	BPOXΙΔΗΣ	Λείανση, Διάτρηση, Τροφοδοσία	1992
Μεταλλικά Προϊόντα	DOMUS	Συναρμολόγηση	1992
Προσωπικά Είδη	VIOLEX - BIC	Συσκευασία	1992
Τρόφιμα	ΔΑΛΛΙΔΗΣ-MABEL	Συσκευασία	1992
Επεξεργασία Μετάλλου	ΠΑΦΙΔΗΣ	Ρομποτική Συγκόλληση με Laser	1992
Επεξ. Μετάλλου	ELECTREX	Τροφοδοσία	1993
Ηλεκτρολογικό Υλικό	SCHWABE	Συναρμολόγηση	1993
Επεξ. Μετάλλου	BIOKAT	Συγκόλληση, Κοπή	1993
Ηλεκτρολογικό Υλικό	ΕΛΒΗΜ	Συγκόλληση	1993
Τρόφιμα	HELLENIC CATERING	Συσκευασία	1993
Αμυντικός Εξοπλισμός	ECON	Συγκόλληση	1993
Αμυντικός Εξοπλισμός	EBO Α.Ε.	Συγκόλληση	1994
Ναυπήγηση	ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ ΕΛΕΥΣΙΝΟΣ Α.Ε.	Συγκόλληση	1994
Επεξεργασία Ορυκτών	IDEAL STANDARD	Φινίρισμα	1994
Επεξ. Μετάλλου	ΑΛΜΑΚΟ	Οπτικός Έλεγχος	1994
Αμυντικός Εξοπλισμός	308 ΠΕΒ	Βαφή	1994
Επεξεργασία Μετάλλου	ΜΕΤΑΛΟΥΡΓΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	Λείανση, Φινίρισμα	1994
Τρόφιμα	JACOBS-SUCHARD	Συσκευασία	1995
Επεξεργασία Μετάλλου	ΡΟΚΑΣ	Συγκόλληση	1995

Αμυντικός Εξοπλισμός	ALBION	Συναρμολόγηση	1996
----------------------	--------	---------------	------

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1

5.3 ΛΟΓΟΙ ΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Στα πλαίσια των αναγκών εκσυγχρονισμού και βελτίωσης της ανταγωνιστικότητας της ελληνικής βιομηχανίας, εντοπίζονται ορισμένοι λόγοι που σχετίζονται με την αδυναμία να γίνει μια πλήρης και αποδοτική εισαγωγή αλλά και εκμετάλλευση της ρομποτικής στην ελληνική βιομηχανία.

Ένας από τους πρώτους λόγους για την αδυναμία εξάπλωσης της ρομποτικής στην Ελλάδα, είναι η έλλειψη ενημέρωσης για το ευρύ πεδίο των εφαρμογών που έχουν τα ρομποτικά συστήματα στη βιομηχανία. Στην Ευρώπη σήμερα, αλλά και σε άλλες χώρες με αναπτυγμένη βιομηχανία, υπάρχουν επαγγελματικές ενώσεις που ασχολούνται με τα ρομπότ, όπως για παράδειγμα η *Βρετανική Εταιρεία Ρομπότ*, η *Γαλλική Ένωση Ρομποτικής*, το *Ινστιτούτο Ρομπότ της Αμερικής* και η *Ιαπωνική Ένωση Βιομηχανικών Ρομπότ*, οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση της ενημέρωσης των επιχειρήσεων τόσο σε γενικό όσο και σε τεχνικό επίπεδο. Επιπλέον οι παραπάνω ενώσεις έχουν αποτελέσει τον κρίκο των πιθανών χρηστών με τα ρομπότ, προσφέροντας τους κάθε δυνατή υποστήριξη. Στην Ελλάδα τέτοιες οργανώσεις δεν υπάρχουν με αποτέλεσμα το χάσμα ανάμεσα στις ρομποτικές εφαρμογές και την ελληνική βιομηχανία, να δείχνει μεγαλύτερο από όσο πραγματικά είναι.

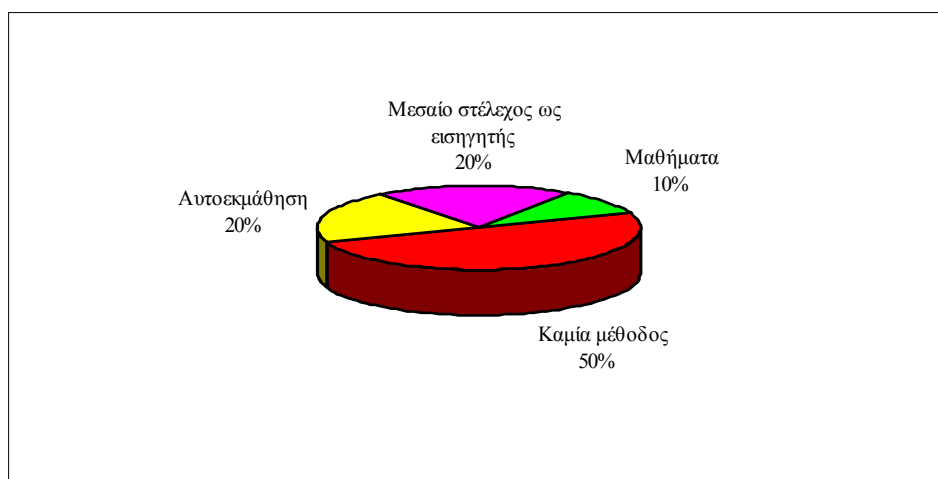
Η έλλειψη κατάλληλου τεχνικού προσωπικού καθώς και η ανεπαρκής υποστήριξη σε επίπεδο εκπαίδευσης, αποτελούν επίσης σημαντικό παράγοντα στον αργό ρυθμό εξέλιξης της ρομποτικής στη χώρα μας. Η έλλειψη μηχανικών και τεχνικών με πείρα στις εφαρμογές των ρομπότ, λειτουργεί σαν ανασταλτικό στοιχείο, στη ζήτηση από την βιομηχανική αγορά.

Ενδεικτικά είναι τα αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος **IASON** που πραγματοποιήθηκε από το *Εργαστήριο Αυτοματισμού και Ρομποτικής* του τμήματος *Ηλεκτρολόγων Μηχανικών* του Πανεπιστημίου Πατρών με σκοπό τη διερεύνηση του βαθμού της ενημέρωσης και συμμετοχής της ελληνικής βιομηχανίας σε χρηματοδοτούμενα εθνικά ή ευρωπαϊκά ερευνητικά προγράμματα στο χώρο των προηγμένων τεχνολογιών. Επιπλέον, έγινε προσπάθεια να καταγραφούν οι μέθοδοι που εφαρμόζονται σήμερα στις ελληνικές βιομηχανίες, για την εκπαίδευση των μηχανικών και των μάντζερ σε νέες τεχνικές διοίκησης και συστήματα

εκσυγχρονισμού της παραγωγής. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιελάμβανε τη σύνταξη ερωτηματολογίων, τα οποία στάλθηκαν σε 100 ελληνικές βιομηχανίες. Συνοπτικά τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας είναι :

1. Παρατηρείται εμφανής έλλειψη σε ενημέρωση και εκπαίδευση των μηχανικών και των μάνατζερ στις νέες τεχνολογίες. Πιο συγκεκριμένα η ενημέρωση είναι αισθητά ελλιπής καθώς μόνο το 20% των ερωτηθέντων μάνατζερ έδειξε να γνωρίζει τα ερευνητικά προγράμματα στο χώρο των προηγμένων τεχνολογιών.
2. Όσον αφορά τις μεθόδους εκπαίδευσης των εργαζομένων στις νέες τεχνολογίες, το 50% των ερωτηθέντων εταιρειών δεν ακολουθεί καμμία συγκεκριμένη μέθοδο για την εκπαίδευση του προσωπικού. Το υπόλοιπο 50% κατανέμεται ως εξής:
 - 20% - ακολουθεί την μέθοδο της αυτοεκμάθησης
 - 20% - χρησιμοποιεί κάποιο μεσαίο στέλεχος της επιχείρησης ως εισηγητή
 - μόνο το 10% χρησιμοποιεί μαθήματα σχεδιασμένα για τις ανάγκες του αντίστοιχου τμήματος

ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΤΙΣ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ



ΣΧΗΜΑ 5.1

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, παρουσιάζεται ζωνρό ενδιαφέρον από τους μάνατζερ των προαναφερθέντων βιομηχανιών, καθώς ένα ποσοστό της τάξεως του 85% επιθυμεί να ενημερωθεί και να συμμετέχει σε ερευνητικά έργα. Συνάμα εκδήλωσαν το ενδιαφέρον τους να συμμετέχουν σε ημερίδες στις οποίες θα παρουσιάζονται

επιδείξεις και διαλέξεις σε “καινοτομικές” τεχνολογίες, όπως τα βιομηχανικά ρομπότ, τα συστήματα ευέλικτης παραγωγής κ.α.

Ένας άλλος λόγος της μη εξάπλωσης, είναι το γεγονός ότι οι εταιρείες αντιμετωπίζουν διστακτικά και με ανασφάλεια την επένδυση σε ρομποτικές εφαρμογές, αφού στερούνται σχετικής εμπειρίας πάνω σε συστήματα ευέλικτου αυτοματισμού και ρομποτικής. Συνήθως η επένδυση για μια ρομποτική εγκατάσταση θεωρείται ότι αποτελεί σημαντικό ρίσκο γιατί είναι δύσκολο να διαφανούν από την αρχή οι θετικές επιδράσεις σε όλα τα επίπεδα. Ωστόσο η διστακτικότητα αυτή είναι κατανοητή, αφού η ελληνική βιομηχανία ακολουθεί ακόμα, σχετικά παραδοσιακούς τρόπους παραγωγικών διαδικασιών, χωρίς αξιόλογες δραστηριότητες όσον αφορά τις νέες τεχνολογίες.

Παρά το γεγονός ότι θα υπάρξει αύξηση του κέρδους με τη χρήση των ρομπότ, πολλές μικρές και μεσαίες ελληνικές επιχειρήσεις είναι απρόθυμες να επενδύσουν σε συστήματα του είδους αυτού, εξαιτίας της αδυναμίας τους να εξασφαλίσουν την απαιτούμενη χρηματοδότηση, λόγω της ασθενούς τους οικονομικής κατάστασης. Παρά τα διάφορα κυβερνητικά και ευρωπαϊκά προγράμματα χρηματοδότησης των επιχειρήσεων σε θέματα νέων τεχνολογιών, και παρά το ενδιαφέρον που εκδηλώνουν οι ελληνικές επιχειρήσεις σε αυτά, δεν γίνεται σωστή αξιοποίηση από αυτές. Συνήθως τέτοιου είδους χρηματοδοτήσεις, που στοχεύουν στην τεχνολογική αναβάθμιση των συστημάτων παραγωγής των επιχειρήσεων, θεωρούνται λανθασμένα, ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξέλεγκτα από τις επιχειρήσεις σαν γενικού είδους οικονομική ενίσχυση.

Για πολλές εφαρμογές ρομπότ είναι επίσης αναγκαία η επανασχεδίαση του σταθμού εργασίας και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρειαστεί και επανασχεδίαση του προϊόντος. Οι τεχνικές γνώσεις, καθώς και οι δαπάνες που μπορεί να χρειαστούν για την τροποποίηση της δομής της παραγωγής, μπορεί να σταθούν εμπόδιο στην υιοθέτηση των βιομηχανικών ρομπότ, κυρίως στην περίπτωση των μικρομεσαίων επιχειρήσεων, που αποτελούν και την πλειοψηφία στον ελληνικό χώρο. Η επιχείρηση μπορεί επίσης να ανακαλύψει ότι ενώ η αποδοτικότητα μεγαλώνει με την εισαγωγή ενός ή περισσότερων ρομπότ, η μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την ολική αυτοματοποίηση και όχι με τη μερική, γεγονός που απαιτεί νέες επενδύσεις σε άλλες μορφές ευέλικτου αυτοματισμού. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι επιχειρήσεις μπορεί να αναβάλλουν την επένδυση σε ρομπότ

μέχρις ότου να είναι σε θέση να επενδύσουν σε περισσότερο περιεκτικά συστήματα αυτοματισμού.

Η εφαρμογή των τεχνολογικών καινοτομιών στην παραγωγική διαδικασία, συμβαδίζει με τη γενικότερη άνθηση του βιομηχανικού κλάδου. Όσο αυξάνονται οι απαιτήσεις των βιομηχανιών για πιο σύνθετες δομές πάνω στη παραγωγή τόσο πιο εύκολα βρίσκουν εφαρμογή οι νέες τεχνολογίες. Ωστόσο στην Ελλάδα, δεν υπάρχει σήμερα ιδιαίτερη ανάπτυξη του βιομηχανικού κλάδου, συνεπώς τα υπάρχοντα συστήματα αυτοματισμού μπορούν να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της παραγωγής.

Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη ρομποτικών εφαρμογών σε μια χώρα, αποτελεί και η ύπαρξη εγχώριας παραγωγής ρομπότ. Εταιρείες που παράγουν ρομπότ, ενθαρρύνουν την εφαρμογή τους στους βιομηχανικούς κλάδους της χώρας τους προσπαθώντας να κερδίσουν όσο το δυνατό μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς. Στην Ελλάδα δεν υπάρχει εγχώρια παραγωγή ρομπότ, που θα μπορούσε να παρέχει ρομπότ με χαμηλότερο κόστος και πιο ολοκληρωμένη υποστήριξη. Οι υπάρχουσες εταιρείες ρομποτικής στη χώρα μας, περιορίζονται στην εισαγωγή ρομπότ από εταιρείες του εξωτερικού και την προσαρμογή τους στις απαιτήσεις των πελατών τους.

5.4 ΟΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Έχει γίνει ήδη αντιληπτό, ότι οι μάνατζερ και οι μηχανικοί των ελληνικών βιομηχανιών κατανοούν τις ανάγκες για πιο ολοκληρωμένη ενημέρωση και εκπαίδευση, όσον αφορά τις καινοτομικές τεχνολογίες και τις σύγχρονες μεθόδους παραγωγής. Επίσης, όπως έχει προαναφερθεί, ιδιαίτερα ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι παρουσιάζεται σοβαρό ενδιαφέρον για συμμετοχή σε ενημερωτικά σεμινάρια και σύγχρονα ερευνητικά προγράμματα. Παράλληλα, όμως θα πρέπει να αντιληφθούν πλήρως ότι τα νέα συστήματα αυτοματισμού και ιδιαίτερα τα ρομποτικά συστήματα θα αποτελέσουν έναν από τους κυριότερους παράγοντες για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας των προϊόντων τους και την οικονομική επιβίωση της επιχείρησής τους.

Το γεγονός ότι η ελληνική βιομηχανία έχει αναγνωρίσει ότι οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις και αλλαγές της αγοράς μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο με τον εκσυγχρονισμό της παραγωγικής διαδικασίας των προϊόντων, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι εφαρμογές βιομηχανικών ρομπότ έχουν αρκετές προοπτικές στην Ελλάδα. Τα μέχρι τώρα δείγματα αυτών των εφαρμογών, δηλώνουν ότι ο τομέας της ρομποτικής έχει ήδη κάνει τα πρώτα βασικά βήματα στην ελληνική βιομηχανία και θα συνεχίσει να αναπτύσσεται αργά αλλά σταθερά.

Οι βασικές προϋποθέσεις για την περαιτέρω ανάπτυξη αυτού του τομέα στις ελληνικές βιομηχανίες, θα πρέπει να είναι οι εξής:

1. Η ενημέρωση και η επιμόρφωση πάνω στα αποτελέσματα της ρομποτικής στη βιομηχανία, του μεγάλου πεδίου εφαρμογών της και των θετικών επιδράσεων της. Προς αυτήν τη κατεύθυνση, ένα σημαντικό ρόλο στη μεταφορά και διάχυση τεχνολογίας και τεχνογνωσίας στις ελληνικές επιχειρήσεις μπορούν να παίξουν σήμερα τα ερευνητικά εργαστήρια των πανεπιστημίων, που ασχολούνται με συναφή θέματα CIM. Ήδη, στο εργαστήριο ρομποτικής του Πολυτεχνείου Κρήτης έχουν αναπτυχθεί προγράμματα υποστήριξης των εταιρειών που ενδιαφέρονται για την εισαγωγή ρομπότ στην παραγωγική τους διαδικασία.
2. Τα σωστά εκπαιδευτικά προγράμματα στον τομέα της ρομποτικής, για το τεχνικό προσωπικό των επιχειρήσεων, που θα το καθιστά ικανό να αντιμετωπίσει τις

τυχόν δυσκολίες και τα προβλήματα που θα προκύψουν, τόσο κατά την διάρκεια εγκατάστασης, όσο και κατά τη λειτουργία των ρομπότ.

3. Η βοήθεια της κυβέρνησης, όχι μόνο από πλευρά ενεργής παρουσίας στη διάδοση πληροφοριών στον επιχειρηματικό κόσμο, αλλά και παίζοντας ρόλο χρηματοδοτικής πηγής για την εισαγωγή νέων τεχνολογιών στην ελληνική βιομηχανία. Παρόλα αυτά όμως, δεν είναι σαφές το κατά πόσο χρειάζεται κυβερνητική βοήθεια για την εφαρμογή των ρομπότ, αφού έχει ήδη αποδειχθεί ότι το είδος αυτό του εξοπλισμού παρουσιάζει μια μικρή περίοδο απόσβεσης.

Πάντως, η προσπάθεια διάδοσης της ρομποτικής στην Ελλάδα, πρέπει να επικεντρωθεί περισσότερο στις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, που αποτελούν πλειοψηφία στον ελληνικό χώρο. Η ειδική περίπτωση αυτών των επιχειρήσεων είναι διαφορετική από τις μεγάλες επιχειρήσεις, αφού σε αυτές οι ρομποτικές εφαρμογές μπορούν να επιβραδυνθούν από την έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού υψηλής εκπαιδευτικής στάθμης και πείρας, και από την έλλειψη εύκολης πρόσβασης στις χρηματοδοτικές πηγές. Στην συγκεκριμένη κατηγορία επιχειρήσεων, η βοήθεια κυρίως από την πλευρά της παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

*Περιοχές εφαρμογής
βιομηχανικών ρομπότ*

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σημερινές τεχνικές παραγωγής, οι οποίες αποδίδουν ιδιαίτερη σημασία στη μαζική παραγωγή και την εξειδίκευση, έχουν οδηγήσει σε διαδικασίες εργασίας απλουστευμένης και επαναληπτικής μορφής, διευκολύνοντας έτσι την εισαγωγή ρομπότ, τα οποία μπορούν να προγραμματισθούν εύκολα για την εκτέλεση τέτοιων εργασιών. Η τάση που επικρατεί σήμερα ως προς την εφαρμογή ρομποτικών εγκαταστάσεων αφορά, κατά κύριο λόγο, τις θέσεις εργασίας που είναι επικίνδυνες, δημιουργούν προβλήματα υγείας και χαρακτηρίζονται από μονοτονία. Στα σχετικά παραδείγματα περιλαμβάνονται η σημειακή ηλεκτροσυγκόλληση, η βαφή με ψεκασμό, οι εφαρμογές παλεταρίσματος φορτίων κ.α.

Το φάσμα των εφαρμογών διευρύνεται συνεχώς και με πολύ γρήγορο ρυθμό, καθώς χρησιμοποιούνται σύγχρονα, πιο ευφυή ρομπότ, προικισμένα με μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα και δυνατότητες αίσθησης. Στην παραπάνω διεύρυνση συντελεί το γεγονός ότι σταδιακά υπερνικούνται τα προβλήματα εφαρμογής σε έναν σημαντικό αριθμό κέντρων εργασίας.

Παράλληλα μια μεγάλη σειρά ρομπότ, με την ευρεία έννοια του όρου, αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται για χρήση σε μη μεταποιητικές εφαρμογές στις οποίες περιλαμβάνονται εργασίες σε πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας, υποθαλάσσιες εκμεταλλεύσεις και παραγωγή υδρογονανθράκων, ιατρικές εφαρμογές, δομικά έργα, μεταλλευτικές εργασίες κ.λ.π.

Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική παρουσίαση των κυριοτέρων περιοχών εφαρμογής βιομηχανικών ρομπότ.

6.2 ΒΑΦΗ ΜΕ ΨΕΚΑΣΜΟ

Η διαδικασία της βαφής με ψεκασμό (*spray - painting*) πραγματοποιείται μέσα σε ειδικούς θαλάμους, οι οποίοι συνιστούν ένα δυσάρεστο και κυρίως ανθυγιεινό περιβάλλον. Τα διαλυτικά μέσα που χρησιμοποιούνται είναι τοξικά και γι' αυτό το λόγο, οι εργαζόμενοι αναγκάζονται να φορούν μάσκες κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Εξάλλου ο θάλαμος βαφής πρέπει να μην έχει καθόλου σκόνη και να βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, που συνεπάγεται ότι ο χώρος αυτός θα πρέπει να είναι μικρός σε μέγεθος και μην έχει συχνό εξαερισμό, διότι ο εξαερισμός προκαλεί μεταβολές στη θερμοκρασία. Επιπλέον ο θόρυβος που προέρχεται από την εκκένωση αέρος στους εγχυτήρες βαφής μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες βλάβες στο σύστημα ακοής των εργαζομένων. Για όλους αυτούς τους λόγους η βαφή με ψεκασμό έγινε μια από τις πρώτες διαδικασίες στις οποίες εγκαταστάθηκαν ρομπότ.

Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα ρομπότ βαφής είναι, στις περισσότερες περιπτώσεις, εξειδικευμένα σε σχέση με αυτά που πρέπει να έχουν τα ρομπότ των άλλων εφαρμογών. Έτσι πολλές εταιρείες παραγωγής ρομπότ κατασκευάζουν ρομπότ ειδικευμένα σε διεργασίες βαφής. Γενικώς τα ρομπότ αυτής της κατηγορίας χαρακτηρίζονται από υψηλό επίπεδο επιδεξιότητας χειρισμού, κάτι που είναι πολύ σημαντικό στην αυτοκινητοβιομηχανία, όπου και έχουν την μεγαλύτερη ζήτηση. Σ' αυτόν τον βιομηχανικό κλάδο, τα ρομπότ έχουν τη δυνατότητα να βάφουν σε σχεδόν απρόσιτα σημεία, όπως το εσωτερικό των αυτοκινήτων και να φτάνουν σε οποιαδήποτε περιοχή, η οποία δεν θα μπορούσε να προσεγγιστεί από κάποιον εργαζόμενο. Λόγω αυτών των απαιτήσεων ο ρομποτικός βραχίονας είναι αρθρωτός και έχει τουλάχιστον έξι βαθμούς ελευθερίας.

Παράλληλα τα ρομπότ βαφής έχουν όσο το δυνατόν μικρότερο μέγεθος, ώστε να μπορούν να εκτελούν ένα μεγάλο εύρος εργασιών μέσα σε ένα πολύ περιορισμένο χώρο εργασίας. Πιο συγκεκριμένα στην αυτοκινητοβιομηχανία, ο ειδικός θάλαμος όπου πραγματοποιείται η διαδικασία της βαφής έχει μέσο πλάτος 5m.

Ακόμη έχουν ενσωματωμένο καρπό έτσι ώστε ο μηχανισμός βαφής με ψεκασμό να μπορεί να εισχωρεί σε πολύ στενές επιφάνειες, ενώ συνάμα μπορούν να μεταφέρουν οποιοδήποτε σύστημα βαφής με ψεκασμό. Ο “ψεκαστήρας” αυτός είναι συνήθως πολύ ελαφρύς, γι' αυτό και τα αντίστοιχα ρομπότ σχεδιάζονται για να

μεταφέρουν μικρό ωφέλιμο φορτίο (π.χ. 1kg). Τέλος τα ρομπότ βαφής δεν διαθέτουν πολύ υψηλή ακρίβεια και επαναληψιμότητα.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στα πλεονεκτήματα της χρήσης ρομπότ σε διεργασίες βαφής. Αρχικά, τα ρομπότ επιτρέπουν τις κατεργασίες μέσα σε ένα “εχθρικό” περιβάλλον εργασίας. Όπως προαναφέρθηκε, στους θαλάμους βαφής υπάρχει πολύ θόρυβος, καρκινογόνα υλικά και γενικά αυξημένος κίνδυνος ατυχήματος.

Παράλληλα πραγματοποιείται η βαφή με εξοικονόμηση ενέργειας. Λόγω της εγκατάστασης ρομπότ, η παρουσία των εργαζομένων δεν είναι απαραίτητη μέσα στους θαλάμους βαφής, οπότε ελαττώνονται οι ανάγκες εξαερισμού αυτών καθώς και οι ανάγκες αποβολής των επικίνδυνων αερίων που εκλύονται κατά τη διαδικασία της βαφής.

Επιπλέον αυξάνεται η ποιότητα της βαφής. Με τη χρησιμοποίηση ρομπότ έχουμε λιγότερη ρύπανση, εξοικονόμηση υλικών, καλύτερο και ομοιόμορφο αποτέλεσμα βαφής, ενώ παράλληλα είναι εφικτή η εφαρμογή εξειδικευμένων τεχνικών ψεκασμού.

Η σταθεροποίηση της ποιότητας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των ελαττωματικών κομματιών που συνεπάγεται και την εξοικονόμηση πολύτιμου χρόνου ο οποίος σπαταλείται στις επιδιορθώσεις αυτών. Λόγω των παραπάνω βέβαια υπάρχει επιπλέον εξοικονόμηση πρώτων υλών αλλά και υλικών.

Τέλος, παρατηρείται μείωση του κόστους παραγωγής, λόγω αύξησης της παραγωγικότητας και της εξοικονόμησης εργατικών αλλά και υλικών.

Γενικά η εγκατάσταση ρομπότ σε μια γραμμή παραγωγής, που πραγματοποιεί βαφή με ψεκασμό, κρίνεται οικονομικά συμφέρουσα. Αυτό αποδεικνύεται και μέσω της μελέτης του *Clell D. Routson*, η οποία δημοσιεύθηκε στο Westec τον Μάρτιο του 1985 για λογαριασμό της *Nordon Company*. Ο C.D. Routson παρουσίασε τον συγκριτικό πίνακα της χειρωνακτικής, της ημιαυτόματης και της πλήρως αυτοματοποιημένης (ρομποτοποιημένης) μονάδας βαφής με τη μέθοδο του ψεκασμού (Πίνακας 6.1) . Ο πίνακας αυτός αναφέρεται στο κόστος των παραπάνω μεθόδων, εκφρασμένο σε δολάρια, για μια χρονική περίοδο 10 ετών

ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΒΑΦΗΣ

	Χειρωνακτική	Ημιαυτόματη	Ρομποτοποιημένη
Επένδυση κεφαλαίου	5.000	30.000	200.000
Κόστος αλλαγών	1.000.000	250.000	-
Κόστος βαφής	1.350.000	1.010.000	370.000
Σύνολο	2.355.000	1.290.000	570.000

Πηγή : "The Increasing Demand for Robots in Manufacturing Applications"
Clell D. Routson, Westec, March 1985

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1

Ο όρος “κόστος αλλαγών” αναφέρεται στις πιθανές μετατροπές που απαιτούνται στη γραμμή παραγωγής κατά τη διάρκεια των 10 ετών. Όπως προκύπτει από τον πίνακα, το κόστος αλλαγών, στην περίπτωση του ρομποτοποιημένου συστήματος βαφής, είναι μηδενικό λόγω της ευελιξίας, της προσαρμοστικότητας αλλά και της δυνατότητας επαναπρογραμματισμού που διαθέτουν τα ρομπότ.

Παράλληλα στην περίπτωση της χειρωνακτικής εργασίας, παρατηρείται ότι παρόλο που η αρχική επένδυση είναι η μικρότερη, εντούτοις η μέθοδος αυτή είναι η πιο δαπανηρή στο τέλος των 10 ετών. Αυτό οφείλεται στις πολλές αλλαγές που απαιτούνται καθώς και στις ανάγκες αμοιβής των εργαζομένων. Η μέθοδος της ημιαυτόματης βαφής είναι οικονομικότερη μεν, γιατί πραγματοποιείται εξοικονόμηση 1.065.000 \$ ή αλλιώς έχουμε ποσοστό μείωσης του συνολικού κόστους παραγωγής κατά 45,3% σε σχέση με τη χειρωνακτική εργασία, αλλά όχι και η πιο αποδοτική. Η πιο συμφέρουσα είναι η επένδυση σε ρομπότ -πλήρως αυτοματοποιημένη μονάδα - όπου γίνεται εξοικονόμηση 1.785.000 \$ συγκριτικά με τη χειρωνακτική μονάδα και αντίστοιχα παρατηρείται ποσοστό μείωσης του συνολικού κόστους της τάξεως του 75,8%.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι εκτός από το οικονομικό όφελος υπάρχουν και άλλοι παράγοντες για τους οποίους κρίνεται απαραίτητη η χρήση ρομπότ. Σε πολλές χώρες η απομάκρυνση των εργαζομένων από τους θαλάμους βαφής, διάφορων βιομηχανικών κλάδων, επιβάλλεται νομικά λόγω του ανθυγιεινού περιβάλλοντος τους. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε ναυπηγικές αλλά και αεροναυπηγικές μονάδες παραγωγής.

Στη συνέχεια παρατίθεται ο πίνακας που δίδει τον πληθυσμό των ρομπότ βαφής με ψεκασμό σε Αγγλία και Γερμανία. Το πλήθος αυτό δίδεται ως ποσοστό του συνόλου των ρομποτικών εφαρμογών που πραγματοποιούνται στις δύο αυτές χώρες.

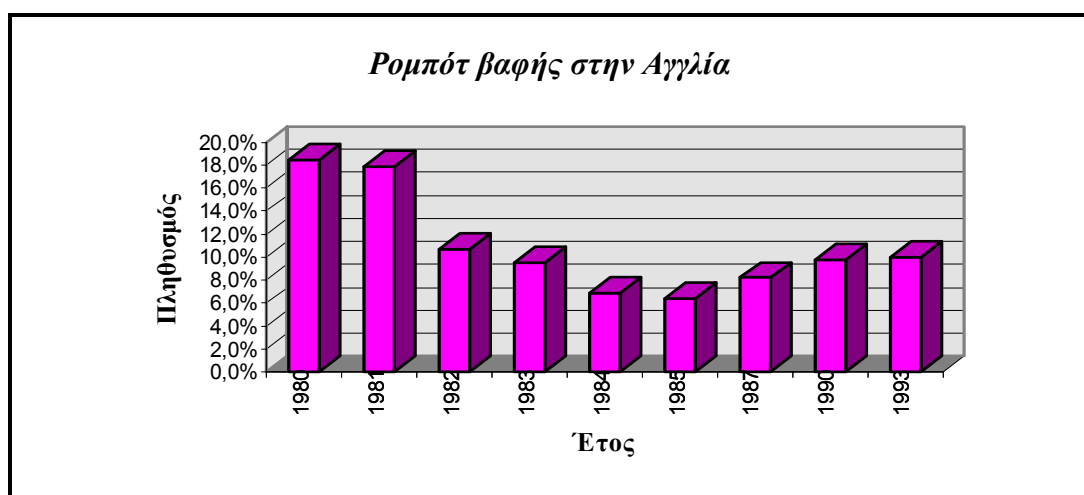
ΡΟΜΠΟΤ ΒΑΦΗΣ ΜΕ ΨΕΚΑΣΜΟ

	<i>Αγγλία</i>	<i>Γερμανία</i>
1980	18,5%	13,2%
1981	17,9%	10,0%
1982	10,7%	11,3%
1983	9,5%	12,0%
1984	6,9%	11,0%
1985	6,4%	12,0%
1987	8,2%	15,0%
1990	9,8%	15,0%
1993	10,0%	15,0%

Πηγές : "Encyclopedia of Robotics", "Industrial Robots" Vol.2

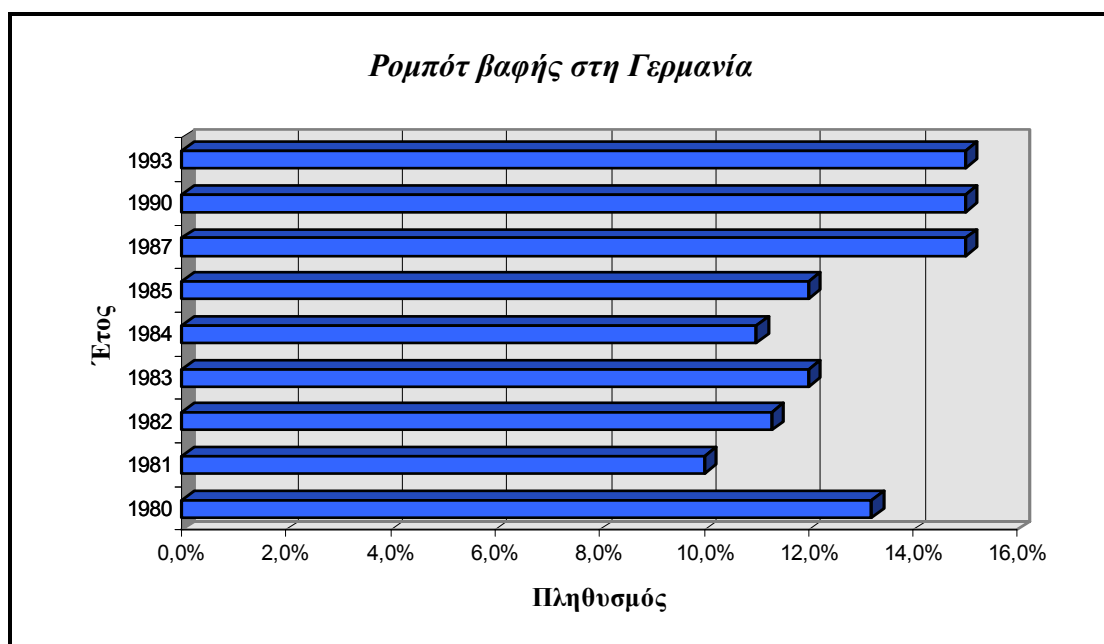
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2

Πιο συγκεκριμένα στην Αγγλία μετά από μια περίοδο συνεχούς μείωσης των εφαρμογών - με μεγαλύτερη αυτή της περιόδου 1981-82 από 17,9% σε 10,7% - παρουσιάζεται μία ανοδική τάση με πιθανότερο ενδεχόμενο τη σταθεροποίηση της ζήτησης στο 10% του συνόλου των εφαρμογών των βιομηχανικών ρομπότ στη χώρα αυτή. Η αύξηση αυτή παρουσιάστηκε την περίοδο 1985-87 -από 6,4% σε 8,2% - την περίοδο δηλαδή που πραγματοποιήθηκαν οι σημαντικότερες επενδύσεις σε ρομπότ από τις εγχώριες αυτοκινητοβιομηχανίες.

**ΣΧΗΜΑ 6.1**

Από την άλλη πλευρά, στη Γερμανία παρουσιάστηκε μία περίοδος συνεχών αυξομειώσεων κατά τα έτη 1980-85 έχοντας ως μέγιστη τιμή 13,2% (1980) και

ελάχιστη 10% (1981). Στη συνέχεια εμφανίζεται μία τάση σταθεροποίησης του πληθυσμού των ρομπότ βαφής περίπου στο 15%. Το γεγονός ότι στη Γερμανία παρουσιάζονται μεγαλύτερα ποσοστά ζήτησης από ό,τι στην Αγγλία δικαιολογείται από την ύπαρξη, στην πρώτη χώρα, περισσότερων μονάδων παραγωγής αυτοκινήτων και αεροσκαφών, όπου και χρησιμοποιούνται τα περισσότερα ρομπότ βαφής.



ΣΧΗΜΑ 6.2

Όσον αφορά την παγκόσμια ζήτηση, στο μέλλον αναμένεται ολοένα και μεγαλύτερη χρήση ρομπότ βαφής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο κύριος χώρος εφαρμογής τους είναι η αυτοκινητοβιομηχανία και η αεροναυπηγική, βιομηχανικοί κλάδοι οι οποίοι συνεχώς αναπτύσσονται.

Οι απαιτήσεις της παγκόσμιας αγοράς για πιο εκλεπτυσμένα και πιο σύγχρονα αυτοκίνητα, αλλά και αεροσκάφη, θα έχει ως αποτέλεσμα και μεγαλύτερες απαιτήσεις στο χώρο της βαφής. Αυτό συνεπάγεται τη χρησιμοποίηση πιο εκλεπτυσμένων ρομπότ, εφοδιασμένων με πιο σύγχρονο εξοπλισμό. Έτσι, τα μελλοντικά ρομπότ βαφής θα πρέπει να έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα εργασίας, μεγαλύτερη ακρίβεια και ευελιξία, σημεία στα οποία υστερούν στις μέρες μας. Παράλληλα θα πρέπει να διαθέτουν αισθητήριες ικανότητες, ώστε να μπορέσουν να μιμηθούν την προσαρμοστικότητα των ανθρώπινων όντων από πλευράς όρασης, σκέψης και ευκαμψίας.

Συνάμα οι συνεχείς απαιτήσεις για καλύτερη ποιότητα βαφής οδηγούν στην εγκατάσταση, και στο χώρο αυτό, όσο το δυνατόν μικρότερων σε όγκο και άρα πιο ευέλικτων ρομπότ. Τέτοιου είδους ρομπότ εξελίσσονται και διαδίδονται ευρέως στις μέρες μας, καθώς έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούν την εργασία τους σε όλο και πιο απρόσιτα σημεία βαφής.

Εξάλλου σημαντικό ρόλο στην επικείμενη αύξηση της ζήτησης θα παίξει και η εθνική πολιτική της κάθε χώρας. Γενικώς, η πολιτική αυτή απαιτεί την κατά το δυνατόν λιγότερη σπατάλη ενέργειας και για το συγκεκριμένο τομέα εφαρμογής βιομηχανικών ρομπότ συνοψίζεται στο ακόλουθο: *“Η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και προφύλαξης των εργαζομένων από ανθυγιεινά περιβάλλοντα εργασίας θα αποτελέσουν την κινητήρια δύναμη για την ταχύτερη επίλυση των προβλημάτων των θαλάμων εργασίας, δηλαδή τη σταδιακή απομάκρυνση όλων των εργαζομένων από τους χώρους αυτούς”*.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι για να γίνει γεγονός αυτή η ενδεχόμενη αύξηση των εφαρμογών σε ρομπότ βαφής, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί παράλληλα και ταυτόχρονα η ανάπτυξη των ρομπότ με την εξέλιξη ολόκληρου του συστήματος παραγωγής. Δηλαδή να αποφευχθούν φαινόμενα, όπως η εγκατάσταση ενός ευφυούς ρομπότ σε μια μονάδα παραγωγής, η οποία δε θα μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις του συγκεκριμένου ρομπότ, π.χ. να μη διαθέτει αρκετά σύγχρονο ταινιόδρομο και έτσι να αναγκάζεται το ρομπότ να εργάζεται με αργούς ρυθμούς, ενώ έχει τη δυνατότητα να δουλέψει με πολύ γρηγορότερους.

6.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ

Η διαχείριση υλικών (*handling*) είναι η διαδικασία κατά την οποία συνήθως σκοπός του ρομπότ είναι η μεταφορά και η τοποθέτηση ενός αντικειμένου από μία θέση σε μία άλλη. Η συγκεκριμένη περιοχή εφαρμογής βιομηχανικών ρομπότ θεωρείται από τις πιο απλές, όσον αφορά την εγκατάσταση της ρομποτικής γραμμής. Για την πραγματοποίηση μιας τέτοιας εγκατάστασης δεν απαιτούνται εκλεπτυσμένα ρομπότ, ενώ ο βοηθητικός εξοπλισμός, που χρησιμοποιείται για τη συνεργασία του ρομπότ με τα υπόλοιπα τμήματα της γραμμής παραγωγής, δεν είναι πολύπλοκος.

Στη διαχείριση υλικών συγκαταλέγονται η μεταφορά και η τοποθέτηση αντικειμένου (*pick and place operation*), το παλετάρισμα καθώς και το ξεπαλετάρισμα (*palletizing - depalletizing*). Κατά την πρώτη διεργασία, όπως προκύπτει από την ονομασία της, το ρομπότ απλώς “πιάνει” το αντικείμενο από μία θέση και το τοποθετεί σε μία άλλη. Στην πιο απλή περίπτωση, το αντικείμενο καταφθάνει στο ρομπότ, μέσω ενός ταινιοδρόμου, σταματώντας σε μια προκαθορισμένη θέση γνωστού προσανατολισμού. Συνήθως απαιτείται βοηθητικός εξοπλισμός (όπως ένας σηματοδότης) που υποδεικνύει ότι το αντικείμενο έχει σταματήσει στο σωστό σημείο και άρα είναι έτοιμο προς επεξεργασία. Εν συνεχεία το ρομπότ “αρπάζει” το αντικείμενο, το μεταφέρει και το τοποθετεί σε μια επίσης προκαθορισμένη θέση. Κατά τη διάρκεια όλης αυτής της διαδικασίας ο προσανατολισμός του αντικειμένου παραμένει αμετάβλητος. Σ’αυτήν την απλή περίπτωση, χρησιμοποιούνται ρομπότ που διαθέτουν δύο βαθμούς ελευθερίας. Ο πρώτος απαιτείται για την ανύψωση του αντικειμένου από την αρχική θέση και την τοποθέτηση του στην τελική. Ο δεύτερος βαθμός χρειάζεται για τη μεταφορά του αντικειμένου μεταξύ αυτών των δύο θέσεων. Σε πολλές περιπτώσεις, όμως, απαιτείται επαναπροσανατολισμός του αντικειμένου κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ρομπότ που διαθέτουν ένα ή δύο πρόσθετους βαθμούς ελευθερίας (σύνολο 3 ή 4 βαθμοί ελευθερίας).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν διαδικασίες διαχείρισης υλικών, στις οποίες ο τρόπος κίνησης του ρομπότ μεταβάλλεται από κύκλο κατεργασίας σε κύκλο, οπότε χρειάζεται επαναπρογραμματισμός του. Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτούνται πιο εκλεπτυσμένα ρομπότ καθώς και καλύτερες γλώσσες προγραμματισμού τους. Μια τέτοια διαδικασία είναι το *παλετάρισμα*. Εδώ τα

ρομπότ χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά και την τοποθέτηση αντικειμένων ή συνηθέστερα κιβωτίων πάνω σε ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους που καλούνται *παλέτες*. Ένας μεγάλος αριθμός κιβωτίων τοποθετείται σε συγκεκριμένες θέσεις πάνω στην παλέτα και εν συνεχεία το ρομπότ διαχειρίζεται ολόκληρη την παλέτα. Η χρήση παλετών είναι πολύ διαδεδομένη στις μέρες μας λόγω του γεγονότος ότι η διαχείριση τους είναι πολύ απλή. Η παραπάνω διαδικασία είναι μια επαναληπτική και αρκετά εύκολη εργασία για ένα ρομπότ. Η δυσκολία έγκειται στο γεγονός ότι η θέση, στην οποία πρέπει να τοποθετηθεί το κάθε κιβώτιο είναι κάθε φορά διαφορετική. Για το λόγο αυτό το ρομπότ προγραμματίζεται ώστε να “θυμάται” ή να υπολογίζει τη κάθε θέση, ωστόσο γεμίζει η παλέτα. Ο ορισμός αυτής της θέσης δίδεται σε τρεις διαστάσεις ή σπανιότερα σε δύο.

Αντίστοιχα με το παλετάρισμα, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός διεργασιών όπου χρησιμοποιείται παρόμοιος κύκλος εργασίας καθώς και ρομπότ με τα ίδια γενικά χαρακτηριστικά. Τέτοιες είναι:

1. *Ξεπαλετάρισμα* - Είναι η αντίστροφη διαδικασία του παλεταρίσματος. Τα ρομπότ μεταφέρουν τα κιβώτια από την παλέτα σε γραμμές τροφοδοσίας ή άλλες θέσεις.
2. *Εισαγωγή υλικών σε κιβώτια ή κουτιά* - Διαδικασία ανάλογη του παλεταρίσματος. Ως παράδειγμα αναφέρεται το μοντέλο *Maker 100* που χρησιμοποιείται για την εκφόρτωση πλαστικών μπουκαλιών από μια αποθήκη και την τοποθέτησή τους σε χάρτινα κουτιά.
3. *Αφαίρεση αντικειμένων* (που βρίσκονται σε κιβώτια) - Είναι η αντίστροφη της προηγούμενης διεργασίας.
4. *Φόρτωση και εκφόρτωση στοίβας* - Τα αντικείμενα, που είναι συνήθως επίπεδες επιφάνειες, τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο δημιουργώντας έτσι μία στοίβα. Η αντίστροφη διαδικασία είναι η εκφόρτωση στοίβας.

Όπως προαναφέρθηκε η εγκατάσταση ρομπότ σε εφαρμογές διαχείρισης υλικών είναι από τις πιο απλές. Για τον παραπάνω λόγο τα ρομπότ διαδόθηκαν πολύ γρήγορα στο βιομηχανικό αυτό κλάδο. Ρομπότ λοιπόν, από τις πρώτες κιόλας “γενιές” όπως το *Unimate* της Unimation, χρησιμοποιήθηκαν σε διαδικασίες pick and place. Στη συνέχεια ακολούθησαν ρομπότ τύπου *SCARA* καθώς και ρομπότ που κατασκευάστηκαν από τη *Fanuc Limited*. Αρκετά μεγάλο μερίδιο στην παγκόσμια αγορά, σε ρομπότ παλεταρίσματος, κατέχει και η Σουηδία κυρίως μέσω των παραγωγών *ASEA* και *ABB Robotics Products*.

Ένα από τα πιο διαδεδομένα, στις μέρες μας, ρομπότ διαχείρισης υλικών είναι το *Adept 1850XP*. Το ρομπότ αυτό είναι τεσσάρων αξόνων, τύπου SCARA, διαθέτει υψηλό μέγιστο ωφέλιμο φορτίο και χώρο εργασίας, ενώ παράλληλα έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει μία μεγάλη ποικιλία διαδικασιών παλεταρίσματος, διαχείρισης υλικών, πακεταρίσματος καθώς και συναρμολόγησης.

Τα προαναφερθέντα ρομπότ έχουν ασφαλώς αρκετά πλεονεκτήματα, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι:

1. *Υψηλός ρυθμός παραγωγής και όγκος εργασίας.* Ο ρυθμός παραγωγής αυτών των ρομπότ κυμαίνεται από 800 - 1000 κύκλους ανά ώρα (cycles/hour). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής, άρα και την πραγματοποίηση των διαφορών εργασιών σε λιγότερο χρόνο.
2. *Υψηλή ακρίβεια και επαναληψιμότητα.* Η ακρίβεια και η επαναληψιμότητα είναι δύο βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει ένα ρομπότ, κυρίως σε διεργασίες παλεταρίσματος. Η υψηλή ακρίβεια βοηθάει το ρομπότ να τοποθετήσει το αντικείμενο στην προκαθορισμένη θέση πάνω στην παλέτα. Όσον αφορά την επαναληψιμότητα, το *Adept 1850XP* διαθέτει 0,3 mm που είναι από τις υψηλότερες στο χώρο των βιομηχανικών ρομπότ.
3. *Μεγάλο ωφέλιμο φορτίο.* Στις περισσότερες των περιπτώσεων το ωφέλιμο φορτίο - στη μέγιστη τιμή του - κυμαίνεται από 150 έως 170 kg. Αυτό συνεπάγεται τη μεταφορά και τοποθέτηση υψηλών βαρών σε λιγότερο χρόνο, με αποτέλεσμα τον ταχύτερο ρυθμό παραγωγής.
4. *Μικρός χρόνος αποπληρωμής.* Παρατηρείται μικρός χρόνος απόσβεσης του συνολικού κόστους του ρομπότ, που έχει ως αποτέλεσμα το οικονομικό όφελος της επιχείρησης η οποία έχει επενδύσει σε ρομπότ.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στον αριθμό των εφαρμογών ρομπότ διαχείρισης υλικών σε Αγγλία και Γερμανία. Όπως αναφέρεται και σε άλλες περιοχές εφαρμογών βιομηχανικών ρομπότ, τα στοιχεία του πίνακα δίδονται ως επί τοις εκατό ποσοστό του συνόλου των ρομποτικών εφαρμογών που έχουν πραγματοποιηθεί στις παραπάνω χώρες.

ΠΛΗΘΟΣ ΡΟΜΠΟΤ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

	<i>Αγγλία</i>	<i>Γερμανία</i>
--	---------------	-----------------

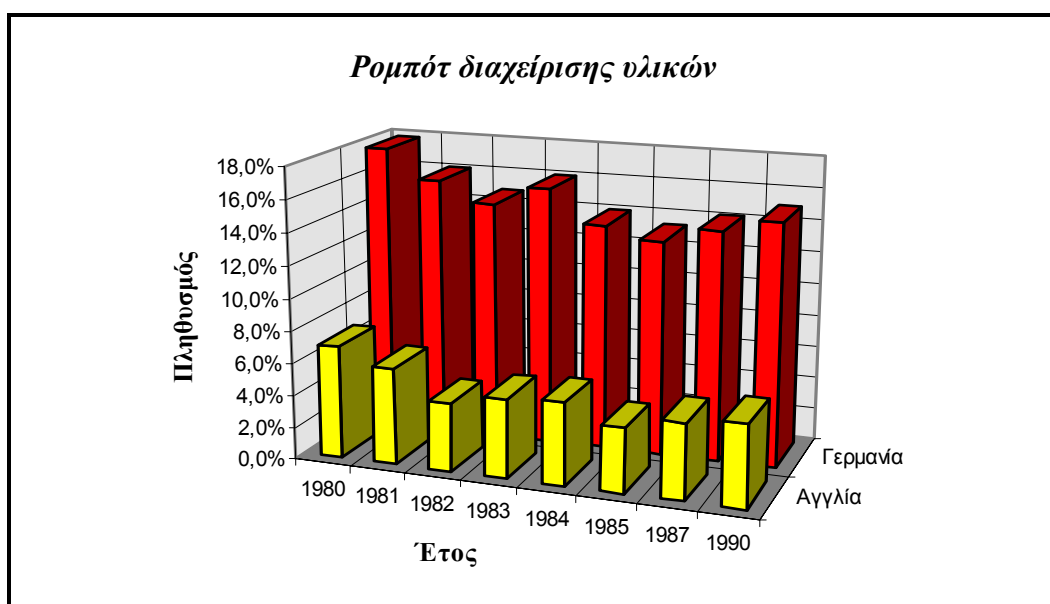
1980	7,0%	17,8%
1981	6,0%	16,0%
1982	4,2%	14,8%
1983	4,9%	16,0%
1984	5,1%	14,0%
1985	4,0%	13,3%
1987	4,7%	14,2%
1990	5,1%	15,0%

Πηγή: "Trends in Industrial Applications", A. Davies & H.J. Lewis

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι στην Αγγλία μετά από μια περίοδο (1980-81) υψηλών ποσοστών (6-7%), το πλήθος των ρομποτοποιημένων μονάδων διαχείρισης υλικών σταθεροποιείται περίπου στο 5%. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Πίνακα 4.1 για το 1990, συμπεραίνουμε ότι το πλήθος αυτό ανέρχεται στα 612 ρομπότ - το 5,1% του συνόλου το οποίο είναι 12.000 ρομπότ.

Αντιθέτως στη Γερμανία παρατηρούνται υψηλότερα ποσοστά. Προβλέψεις αναφέρουν ότι κατά τη δεκαετία του '90 το ποσοστό των ρομπότ διαχείρισης υλικών κυμαίνεται από 15-17%. χρησιμοποιώντας και πάλι τα στοιχεία του πίνακα 4.1 για το 1990, ο αριθμός των ρομποτοποιημένων μονάδων είναι 3.300, το 15% του συνόλου που ανέρχεται σε 22.000 ρομπότ. Συγκρίνοντας με άλλες περιοχές ρομποτικών εφαρμογών, το πλήθος αυτό είναι από τα μεγαλύτερα στη Γερμανία.



ΣΧΗΜΑ 6.3

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην περαιτέρω ανάπτυξη που μπορεί να έχουν τα ρομπότ διαχείρισης υλικών, ώστε να πραγματοποιηθεί ευρύτερη διάδοση και χρήση τους. Στην ανάπτυξη αυτή βασικό ρόλο παίζουν τρεις παράγοντες:

1. Σχεδιασμός

Ο σωστός σχεδιασμός του απαιτούμενου ρομπότ, αλλά και όλης της ρομποτοποιημένης μονάδας παραγωγής, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μιας ρομποτικής εγκατάστασης. Ο σχεδιασμός αυτός ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή καθώς και με τις ανάγκες της κάθε επιχείρησης. Οι απαιτήσεις αυτές, οι οποίες είναι πολύ υψηλές στις μέρες μας, οδηγούν στον επανασχεδιασμό ορισμένων μοντέλων ρομπότ, όπως και στη σχεδίαση νέων τύπων ρομπότ. Έτσι και στο χώρο της διαχείρισης υλικών παρατηρείται μία πληθώρα νέων μοντέλων.

Ένα από τα πιο πρόσφατα μοντέλα είναι το *M-410i*, ένα ρομπότ παλεταρίσματος που κατασκευάστηκε από την *Fanuc Robotics Ltd*. Το ρομπότ αυτό είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε οι αρθρώσεις του να είναι σε κάθετη διεύθυνση, ενώ ο ρομποτικός βραχίονας διαρθρώνεται σε οριζόντιο επίπεδο. Έτσι οι εργασίες παλεταρίσματος πραγματοποιούνται σε οριζόντιο επίπεδο ενώ τα άκρα του ρομπότ βρίσκονται πάντοτε πάνω από τα προς φόρτωση ή εκφόρτωση αντικείμενα. Αυτό πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός παντογράφου, ενός αρθρωτού δηλαδή συστήματος παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Παράλληλα η ικανότητα του ρομπότ να επεξεργάζεται “από ψηλά”, του δίνει τη δυνατότητα να εισχωρεί στο εσωτερικό των container. Τέλος είναι πιο ευέλικτο και ταχύτερο από τα κλασσικά ρομπότ διαχείρισης υλικών, ενώ το ωφέλιμο του φορτίο κυμαίνεται από 155 έως 160 kg.

2. Προγραμματισμός

Τα ρομπότ έχουν ως απαραίτητο εξοπλισμό, κάποιον ηλεκτρονικό υπολογιστή, μέσω του οποίου προγραμματίζονται. Ο σωστός προγραμματισμός ενός ρομπότ βοηθάει στην πραγματοποίηση μιας κατεργασίας με καλύτερο τρόπο, με μεγαλύτερη ακρίβεια και στο δυνατό μικρότερο χρόνο. Παράλληλα αποφεύγονται ενδεχόμενα λάθη στη γραμμή παραγωγής ενώ μπορεί να γίνει ταχεία επαναφορά του συστήματος, σε περίπτωση βλάβης, με τον επαναπρογραμματισμό του ρομπότ. Για τους παραπάνω λόγους δημιουργούνται ολοένα και περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού καθώς και ολοκληρωμένα πακέτα λογισμικού.

Ένα από αυτά τα πακέτα είναι το *PalletTool PC for Windows*. Το πρόγραμμα αυτό, όπως προκύπτει από το όνομα του, απευθύνεται σε ρομπότ παλεταρίσματος και πραγματοποιείται σε περιβάλλον Windows. Κατασκευάστηκε το 1994 στο Coventry

από την *Fanuc Robotics Ltd* και αναμένεται να χρησιμοποιηθεί ευρέως στο μέλλον. Με το *PalletTool*, ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει εικονικά, αρχικά, οποιοδήποτε τύπο παλεταρίσματος τυποποιημένων κουτιών, σάκων ή πακέτων. Εάν ο τύπος παλεταρίσματος που επιλέγεται, δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις του χρήστη, τότε το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να δώσει ένα μεγάλο αριθμό καλύτερων τύπων παλεταρίσματος. Με τον τρόπο αυτό δίδεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει τον βέλτιστο τύπο παλεταρίσματος. Παράλληλα το παραπάνω πακέτο μπορεί να δεχθεί τα χαρακτηριστικά των εργαλείων του ρομπότ. Εφόσον ο χρήστης επιλέξει τον τύπο παλεταρίσματος και δώσει το εργαλείο που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και το είδος των κουτιών ή των κιβωτίων που θα “κατεργαστούν”, το ρομπότ πραγματοποιεί το παλετάρισμα, χωρίς καμμία επιπλέον εξωτερική παρεμβολή.

Τέλος υπάρχει και ένα πρόσθετο τμήμα του παραπάνω προγράμματος, σε πειραματικό όμως στάδιο - κατασκευής 1995 - που επιτρέπει στο χρήστη να καθορίσει τον αριθμό και τη θέση των ταινιοδρόμων και των σταθμών παλεταρίσματος. Το πρόγραμμα αυτό είναι πολύ χρήσιμο διότι παρέχει τη δυνατότητα, προκαταρκτικά σχέδια να ερευνηθούν και να αξιολογηθούν εκτός γραμμής παραγωγής.

3. Αισθητήρες

Οι απαιτήσεις για ολοένα και πιο προηγμένα και ευέλικτα ρομπότ, σε οποιαδήποτε περιοχή εφαρμογής τους, έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη χρήσης αισθητήρων. Έτσι και στον τομέα της διαχείρισης υλικών απαιτούνται αισθητήρες όρασης, αφής καθώς και συστήματα ελέγχου της κίνησης των αντίστοιχων ρομπότ. Η χρησιμοποίηση αισθητήρων μπορεί να βελτιώσει τομείς όπως:

- *Ακρίβεια* - Όπως έχει προαναφερθεί, η ακρίβεια είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό που πρέπει να διαθέτει ένα ρομπότ, κυρίως σε διεργασίες παλεταρίσματος. Η υψηλή ακρίβεια βοηθάει το ρομπότ να τοποθετήσει το προς επεξεργασία αντικείμενο στην ακριβή προκαθορισμένη θέση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η εργασία του ρομπότ να πραγματοποιείται με μεγαλύτερη αξιοπιστία.
- *Συνεργασία με βοηθητικούς εξοπλισμούς* - Με τη χρήση συστημάτων τεχνητής όρασης, όπως κάμερες, τα ρομπότ μπορούν να συνεργαστούν με τον υπόλοιπο εξοπλισμό παραγωγής, όπως με τις γραμμές τροφοδοσίας. Αυτό οδηγεί στη

ταχύτερη επεξεργασία, σε γρηγορότερους ρυθμούς παραγωγής και άρα στην αύξηση της παραγωγικότητας.

- *Διόρθωση σε περίπτωση βλάβης* - Οι αισθητήρες βοηθούν στην ταχύτερη διάγνωση των ενδεχόμενων λαθών, άρα και στη ταχύτερη επίλυση τους. Συνάμα πραγματοποιείται γρηγορότερα η επαναφορά του συστήματος στην αρχική του κατάσταση. Τέλος η χρήση αισθητήριων οργάνων αλλά και συστημάτων ελέγχου βοηθούν στην αποφυγή ανεπιθύμητων καταστάσεων, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την πραγματοποίηση της εργασίας με μεγαλύτερη ασφάλεια. Συνάμα επιτυγχάνεται η πραγματοποίηση της εργασίας με λιγότερες διακοπές, που έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της παραγωγικότητας και τη μείωση του κόστους παραγωγής.

6.4 ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

Η ηλεκτροσυγκόλληση (*welding*) είναι η διαδικασία κατά την οποία δύο επιφάνειες ή ακμές μετάλλων ενώνονται, συνήθως αφού έχουν πρώτα ρευστοποιηθεί με έκλυση θερμότητας. Η διαδικασία αυτή μπορεί να διαιρεθεί σε δύο κατηγορίες :

- *αυτογενής ηλεκτροσυγκόλληση* - όπου δεν απαιτείται η προσθήκη κάποιου επιπλέον υλικού στο σημείο ένωσης των δύο μετάλλων και
- *ετερογενής ηλεκτροσυγκόλληση* - η οποία πραγματοποιείται με την παρεμβολή ενός πρόσθετου υλικού μεταξύ των προς συγκόλληση μετάλλων, που συνήθως είναι όμοιο με αυτά τα μέταλλα

Ανάλογα υπάρχουν και δύο τρόποι ηλεκτροσυγκόλλησης, οι οποίοι πραγματοποιούνται από ρομπότ: *σημειακή ηλεκτροσυγκόλληση* (ποντάρισμα - *spot welding*) και *ηλεκτροσυγκόλληση τόξου* (*arc welding*). Η πρώτη είναι μια αυτογενής διαδικασία κατά την οποία τα δύο μέταλλα ενώνονται μόνο σε συγκεκριμένα σημεία. Η απαιτούμενη θερμότητα, για την τήξη των μετάλλων, εκλύεται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος στα ακριβή σημεία συγκόλλησης. Το ποντάρισμα χρησιμοποιείται κυρίως στην αυτοκινητοβιομηχανία προς ένωση λεπτών μεταλλικών επιφανειών. Από την άλλη πλευρά, η ηλεκτροσυγκόλληση τόξου είναι μια ετερογενής διεργασία, στην οποία η συγκόλληση πραγματοποιείται κατά μήκος μιας δεδομένης διαδρομής. Η απαραίτητη θερμότητα προμηθεύεται από ένα ηλεκτρικό τόξο που δημιουργείται μεταξύ των προς συγκόλληση μετάλλων και ενός ηλεκτροδίου. Αυτού του είδους ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα για το σφράγισμα ενός δοχείου προς αποφυγή διαρροών.

Οι δύο παραπάνω μέθοδοι απαιτούν διαφορετικούς εξοπλισμούς καθώς και διαφορετική απόκριση από το σύστημα ελέγχου του ρομπότ. Αναλυτικότερα για την κάθε μία από αυτές έχουμε.

6.4.1 Σημειακή ηλεκτροσυγκόλληση (Ποντάρισμα)

Κατά την διεργασία αυτή, δύο επιφάνειες μετάλλων έρχονται σε επαφή, μόνο σε προκαθορισμένα σημεία συγκόλλησης, ενώ ταυτόχρονα γίνεται μεταφορά ενός πολύ υψηλού ηλεκτρικού ρεύματος (π.χ. 1000A) μεταξύ των μετάλλων. Το εναλασσόμενο ρεύμα μεταφέρεται μέσω δύο μη αναλώσιμων ηλεκτροδίων, τα οποία τοποθετούνται μεταξύ των δύο μετάλλων. Η διοχέτευση αυτού του ρεύματος προκαλεί θερμότητα, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας χρησιμοποιείται για την τήξη των μετάλλων και την μετέπειτα συγκόλληση τους. Το πάχος των μεταλλικών επιφανειών πρέπει να είναι αρκετά μικρό έτσι ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα αγωγιμότητας στα σημεία συγκόλλησης. Για τον παραπάνω λόγο το ποντάρισμα πραγματοποιείται μόνο σε λεπτά μεταλλικά φύλλα.

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση ενός οργάνου ηλεκτροσυγκόλλησης, που καλείται “ακροφύσιο”, το οποίο αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια και ένα διάφραγμα, που χρησιμεύει στη διέλευση ή στην αποκοπή του ηλεκτρικού ρεύματος. Το ακροφύσιο συγκόλλησης μαζί με τα απαραίτητα καλώδια είναι αρκετά βαρύ, με αποτέλεσμα ο χειρισμός του από ένα άνθρωπο να είναι μια επίπονη εργασία κατά τη διάρκεια μιας εξαντλητικής βάρδιας που ακολουθείται π.χ. σε μια αυτοκινητοβιομηχανία. Παράλληλα η διαδικασία της ηλεκτροσυγκόλλησης είναι μια μονότονη και άρα βαρετή εργασία για ένα εργαζόμενο. Ακόμη στη χειρωνακτική μέθοδο πονταρίσματος παρατηρούνται φαινόμενα αστάθειας της ποιότητας των συγκολλούμενων προϊόντων.

Το αποτέλεσμα των παραπάνω προβλημάτων ήταν η χρησιμοποίηση, με πολύ μεγάλη επιτυχία μέχρι σήμερα, ρομπότ σημειακής ηλεκτροσυγκόλλησης. Τα ρομπότ αυτά μεταφέρουν το ακροφύσιο συγκόλλησης, το οποίο τοποθετείται στο ρομποτικό βραχίονα, τα καλώδια για τη μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος και μερικές φορές ένα σύστημα ψύξης των ηλεκτροδίων εφοδιασμένο με νερό. Τα περισσότερα είναι υδραυλικά κινούμενα, ενώ το σύστημα ελέγχου τους είναι τύπου PTP (point to point - σημείου προς σημείου). Η ακρίβεια τους δεν είναι πολύ υψηλή ενώ η επαναληψιμότητα τους είναι αρκετά ικανοποιητική ($\pm 1\text{mm}$). Επιπλέον η διαδικασία της ρομποτοποιημένης σημειακής ηλεκτροσυγκόλλησης είναι πολύ πιο γρήγορη από την αντίστοιχη χειρωνακτική. Όταν η απόσταση των σημείων πονταρίσματος είναι

της τάξης 1 ή 2 inches, είναι δυνατή η πραγματοποίηση ενός μεγάλου πλήθους συγκόλλησεων ανά δευτερόλεπτο.

Παράλληλα, λόγω της φύσης της εργασίας, είναι πολύ σύνθηδες φαινόμενο η δημιουργία σπινθήρων καθώς και ηλεκτρικών διαρροών. Γι' αυτό τα ρομπότ πονταρίσματος μπορεί να διαθέτουν μετασχηματιστές απομόνωσης ή ειδικά συστήματα όρασης και διείσδυσης, τα οποία χρησιμοποιούνται για την προφύλαξη τους αλλά και για την πιο αξιόπιστη εκτέλεση της εργασίας τους. Τέλος έχουν τη δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ τους, ώστε να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα διαφορετικών ειδών ηλεκτροσυγκολλήσεις, μέσα στον ίδιο εργασιακό χώρο.

Οι πρώτες εταιρείες παραγωγής τέτοιων ρομπότ ήταν η *Unimation* και η *Cincinnati*, ενώ αρκετά αργότερα ακολούθησαν οι *ASEA*, *Kuka*, *Comau* και *Kawasaki*. Έτσι το 1969 η *General Motors* πραγματοποίησε την πρώτη εγκατάσταση ρομπότ σημειακής ηλεκτροσυγκόλλησης, χρησιμοποιώντας 26 ρομπότ *Unimate* για την ηλεκτροσυγκόλληση των σκελετών των αυτοκινήτων της. Αντίστοιχα στην Ευρώπη, το 1970 *Unimate* χρησιμοποιήθηκαν για λογαριασμό μιας άλλης αυτοκινητοβιομηχανίας, της *Daimler Benz*.

Τα ρομπότ αυτά διαδόθηκαν πολύ γρήγορα και μόλις το 1978 ο πληθυσμός τους ξεπερνούσε τις 58.000 μόνο στις Η.Π.Α., σύμφωνα με την 12η Αμερικανική Απογραφή Μηχανολογικών Εξοπλισμών (*12th American Machinist Inventory of Metalworking Equipment*). Χρησιμοποιούνται κυρίως στην αυτοκινητοβιομηχανία αλλά και στις βιομηχανίες παραγωγής οικιακών συσκευών, δομικών μεταλλικών υλικών, μεταλλικών εξοπλισμών κ.α.

6.4.2 Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου

Η ηλεκτροσυγκόλληση τόξου είναι η μέθοδος ένωσης δύο μετάλλων κατά μήκος μιας δεδομένης διαδρομής, με τη βοήθεια θερμότητας που παράγεται από ένα ηλεκτρικό τόξο. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει και άλλες τεχνικές, όπως συμβατική ηλεκτροσυγκόλληση με άνθρακα και μεταλλικά ηλεκτρόδια, συγκόλληση αδρανούς αερίου ή ατομικού υδρογόνου καθώς και ηλεκτροσυγκόλληση υπό βύθιση.

Όλες οι παραπάνω μέθοδοι χρησιμοποιούν μια γεννήτρια για τη δημιουργία ηλεκτρικής ενέργειας, που απαιτείται για την παραγωγή του ηλεκτρικού τόξου. Η γεννήτρια αυτή είναι συνήθως συνεχούς ρεύματος, αλλά δεν αποκλείεται και η περίπτωση της γεννήτριας εναλλασσόμενου ρεύματος. Το ηλεκτρικό τόξο δημιουργείται με την βοήθεια ενός ηλεκτροδίου που μπορεί να είναι μια ράβδος άνθρακα, αλλά κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια βολφραμίου. Η εκλυόμενη θερμότητα, που προκαλείται από το ηλεκτρικό τόξο, είναι αρκετά υψηλή και πλησιάζει τους 6500 °C. Τέλος για την ένωση των δύο μεταλλικών επιφανειών απαιτείται, συνήθως, και ένα πρόσθετο υλικό, το οποίο είναι υπό μορφή ράβδου και έχει την ίδια φύση με τα προς συγκόλληση μέταλλα. Το επιπλέον αυτό υλικό ρευστοποιείται μεταξύ των μετάλλων με τη βοήθεια της παραγόμενης θερμότητας.

Ασφαλώς η παραπάνω διαδικασία μπορεί να εκτελεστεί από ένα ρομπότ. Τα ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου χρησιμοποιούν αναλώσιμα ηλεκτρόδια και κύριος σκοπός τους είναι ο χειρισμός του οργάνου ηλεκτροσυγκόλλησης (ακροφύσιο) κατά μήκος της προκαθορισμένης διαδρομής. Το βάρος του ακροφύσιου δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλο (εκτός κι αν απαιτείται ενσωματωμένο σύστημα ψύξης) οπότε χρησιμοποιούνται σερβοκινητήρια ρομπότ συνεχούς ρεύματος. Η ένταση του παραγόμενου, μέσω των ηλεκτροδίων, ηλεκτρικού ρεύματος κυμαίνεται από 100 έως 300 A, ενώ αν χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερης διαμέτρου ηλεκτρόδια (3/16 inch) μπορεί να φτάσει και τα 1200 A. Η ταχύτητα ηλεκτροσυγκόλλησης κυμαίνεται μεταξύ των 10 και 120 in/min, δηλαδή 0,25-3 m/min. Το σύστημα ελέγχου τους είναι τύπου CP (continuous path - συνεχούς διαδρομής) αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται σύστημα τύπου PTP. Κατά τη μέθοδο του PTP προγραμματισμού, η τροχιά συγκόλλησης διαιρείται σε ένα μεγάλο πλήθος μικρών και ίσων τμημάτων (π.χ. 1 cm). Και στις δύο περιπτώσεις προγραμματισμού το σύστημα ελέγχου του ρομπότ πρέπει να συνεργάζεται με το αντίστοιχο σύστημα του υπόλοιπου εξοπλισμού

ηλεκτροσυγκόλλησης ώστε να επιτυγχάνεται ο συγχρονισμός των λειτουργιών του ρομπότ με τον κύκλο εργασίας του παραπάνω εξοπλισμού.

Γενικώς ένα ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου πρέπει να πληρεί τις παρακάτω προϋποθέσεις, ώστε να πραγματοποιεί την εργασία του με επιτυχία :

- 1. Χώρος εργασίας - βαθμοί ελευθερίας** Το ρομπότ πρέπει να έχει τη δυνατότητα να εργάζεται σε μεγάλο χώρο εργασίας, ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στις αυξημένες απαιτήσεις των σύγχρονων μεθόδων παραγωγής. Από την άλλη πλευρά, χρειάζονται ρομπότ που να διαθέτουν 5 ή 6 βαθμούς ελευθερίας. Ο αριθμός αυτός εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της κάθε ηλεκτροσυγκόλλησης καθώς και από τις δυνατότητες του υπόλοιπου εξοπλισμού. Εάν ο παραπάνω εξοπλισμός έχει μόνο 2 βαθμούς ελευθερίας, τότε αυτομάτως μειώνονται και οι απαιτήσεις από το ρομπότ.
- 2. Σύστημα κίνησης** Όπως προαναφέρθηκε τα ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου προγραμματίζονται συνήθως με τη μέθοδο CP. Τα συγκεκριμένα ρομπότ πρέπει να έχουν τη δυνατότητα συνεχούς και ομαλής κίνησης ώστε να διατηρούν την ομοιομορφία της συγκόλλησης.
- 3. Ακρίβεια της κίνησης** Η ακρίβεια και η επαναληψιμότητα του ρομπότ εξαρτάται από το μέγεθος και την απαιτούμενη ποιότητα της κάθε ηλεκτροσυγκόλλησης. Οι απαιτήσεις ποικίλουν ανάλογα με τη κάθε εφαρμογή και έτσι ο κάθε χρήστης θα πρέπει να τις καθορίζει εξ' αρχής, πριν αποφασίσει για το καταλληλότερο ρομπότ.
- 4. Συνεργασία με άλλα συστήματα** Η σύγχρονη βιομηχανία απαιτεί γρηγορότερους ρυθμούς παραγωγής και όσο το δυνατόν καλύτερη ποιότητα προϊόντων. Γι' αυτό το λόγο σε καμμία περιοχή εφαρμογών βιομηχανικών ρομπότ, τα ρομπότ δεν μπορούν να εργαστούν μεμονωμένα. Έτσι απαιτείται η συνεργασία τους με γραμμές τροφοδοσίας υλικών, συστήματα ελέγχου καθώς και συνεργασία με βοηθητικούς εξοπλισμούς, όπως είναι τα συστήματα όρασης ή αφής.

Παρόλη την εμφανή ανάγκη χρησιμοποίησης ρομπότ, λόγω κυρίως του ανθυγιεινού περιβάλλοντος εργασίας, η εγκατάσταση ρομπότ συναντά τόσο τεχνικά όσο και οικονομικά προβλήματα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η χρήση ρομπότ προκαλεί αύξηση του ρυθμού παραγωγής από 50% έως και 70%. Όμως η συνολική εγκατάσταση απαιτεί την αγορά συστημάτων ελέγχου, συστημάτων διαχείρισης υλικών, βοηθητικού εξοπλισμού κ.α.

τα οποία μπορούν να διπλασιάσουν ή και να τριπλασιάσουν το αρχικό κόστος αγοράς του ρομπότ. Γι' αυτό πριν από κάθε εγκατάσταση πρέπει να πραγματοποιείται μελέτη για τον καθορισμό των αναγκών μιας επιχείρησης καθώς και για τον καθορισμό των ρυθμίσεων και των απαιτήσεων που έχει αυτή η επιχείρηση ως προς το ρομπότ.

Από τεχνικής άποψης, τα προβλήματα συνίστανται στο γεγονός ότι τα ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου χρησιμοποιούνται κυρίως στους κατασκευαστικούς τομείς, όπου τα τελικά προϊόντα αποτελούνται από ένα πλήθος μικρών αντικειμένων, σε μικρές ποσότητες. Έτσι είναι πολύ δύσκολος ο προγραμματισμός του ρομπότ για το κάθε είδος αντικειμένου, που διαφέρει από πλευράς διαστάσεων αλλά και από πλευράς υλικού κατασκευής του. Επίσης η διαδικασία της ηλεκτροσυγκόλλησης συχνά πραγματοποιείται σε σχεδόν απρόσιτα σημεία όπως στο εσωτερικό δεξαμενών, αυτοκινήτων ή σκαφών.

Για να αντισταθμιστούν τα παραπάνω προβλήματα προτείνονται δύο λύσεις :

- Να γίνεται σωστότερη οργάνωση και διόρθωση, εφόσον κρίνεται απαραίτητη, της παραγωγικής διαδικασίας προς τα άνω του ρομπότ. Δηλαδή να οργανώνεται καλύτερα η παραγωγή και η διακίνηση των διαφόρων κομματιών πριν αυτά φτάσουν προς επεξεργασία στο ρομπότ. Έτσι μειώνεται η ποικιλομορφία των κομματιών, στο βαθμό βέβαια που δεν προκαλούνται προβλήματα στη ρομποτοποιημένη μονάδα ηλεκτροσυγκόλλησης.
- Τα ρομπότ πρέπει να εξοπλιστούν με αισθητήρες όρασης και πιο σύγχρονα συστήματα ελέγχου, έτσι ώστε να μπορούν να διακρίνουν τις μεταβολές που απαιτούνται στον κάθε τύπο ηλεκτροσυγκόλλησης. Παράλληλα θα έχουν τη δυνατότητα να διακρίνουν τις διαφορές στις διαστάσεις αλλά και στη μορφή των προς συγκόλληση κομματιών.

Εφόσον οι προϋποθέσεις αυτές εκπληρωθούν, τα θετικά αποτελέσματα είναι εμφανέστατα :

- 1. Αύξηση της παραγωγικότητας** Σε πολλές περιπτώσεις ο ρυθμός παραγωγής αυξάνεται από 50% έως και 70%. Αντίθετα με τη χειρωνακτική εργασία, όπου οι στάσεις είναι απαραίτητες λόγω της κόπωσης των εργαζομένων, τα ρομπότ μπορούν να εργαστούν σε συνεχή βάρδια χωρίς καμμία διακοπή.
- 2. Μεγαλύτερη ασφάλεια και καλύτερο περιβάλλον εργασίας** Όπως έχει προαναφερθεί η χειρωνακτική εργασία είναι αρκετά δυσάρεστη, κοπιαστική και πολλές φορές επικίνδυνη για τη σωματική ακεραιότητα των εργαζομένων. Η

χρήση, λοιπόν, ρομπότ οδηγεί στην απομάκρυνση των εργαζομένων από ένα ανθυγιεινό περιβάλλον εργασίας, ενώ παράλληλα η ηλεκτροσυγκόλληση πραγματοποιείται με ασφαλέστερο τρόπο.

3. Καλύτερη ποιότητα προϊόντων Προκύπτει από το γεγονός ότι τα ρομπότ έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν διαφόρων τύπων ηλεκτροσυγκολλήσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια και επαναληψιμότητα, από αυτή που διαθέτει ο άνθρωπος. Ταυτόχρονα παρατηρείται σταθεροποίηση της ποιότητας των τελικών προϊόντων, που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των ελαττωματικών κομματιών και άρα την εξοικονόμηση πρώτων υλών.

4. Καλύτερη οργάνωση της παραγωγής Αναφέρεται στη συστηματικότερη οργάνωση της εργασίας και της διακίνησης υλικών μέσα στον εργασιακό χώρο. Ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση μιας ρομποτοποιημένης μονάδας ηλεκτροσυγκόλλησης “αναγκάζει” την επιχείρηση να οργανώσει καλύτερα τομείς όπως :

- η μεταφορά πρώτων υλών και υλικών
- η μέθοδος που πρέπει να ακολουθηθεί για τον κάθε τύπο ηλεκτροσυγκόλλησης
- ο σχεδιασμός της όλης εγκατάστασης
- η σωστότερη και γρηγορότερη επίλυση ενδεχομένων προβλημάτων στην παραγωγική διαδικασία

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα παραπάνω πλεονεκτήματα αναφέρονται και στη χρήση ρομπότ σε διεργασίες σημειακής ηλεκτροσυγκόλλησης.

6.4.3 Σύγκριση των δύο μεθόδων

Τόσο η σημειακή όσο και η ηλεκτροσυγκόλληση τόξου είναι παραγωγικές διαδικασίες κατά τις οποίες ενώνονται μεταλλικές επιφάνειες. Και στις δύο μεθόδους ο κύριος σκοπός των χρησιμοποιούμενων ρομπότ είναι ο χειρισμός και η “οδήγηση” του οργάνου ηλεκτροσυγκόλλησης, δηλαδή του ακροφύσιου. Όμως όπως δείχνει και ο Πίνακας 6.4 οι δύο ρομποτοποιημένες μονάδες ηλεκτροσυγκόλλησης δεν είναι όμοιες, όπως συχνά παρουσιάζονται.

Καταρχήν η κάθε μία, από αυτές τις μονάδες, απαιτεί διαφορετικό εξοπλισμό και σύστημα ελέγχου. Το ρομπότ σημειακής ηλεκτροσυγκόλλησης είναι κατασκευασμένο να μεταφέρει ένα βαρύ σύστημα συγκόλλησης από ένα σημείο σε ένα άλλο και γι' αυτό είναι συνήθως υδραυλικά κινούμενο. Αντιθέτως το ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου μεταφέρει ένα πολύ ελαφρύτερο ακροφύσιο, με σταθερή ταχύτητα, κατά μήκος μιας δεδομένης διαδρομής. Έτσι η κίνηση του καθορίζεται από ηλεκτρικούς κινητήρες.

Εξάλλου η σημειακή ηλεκτροσυγκόλληση είναι μια σχετικά εύκολη διαδικασία, όσον αφορά την εφαρμογή βιομηχανικών ρομπότ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη χρησιμοποίηση ενός αξιόλογου αριθμού ρομπότ σε διάφορους βιομηχανικούς κλάδους και κυρίως στην αυτοκινητοβιομηχανία. Η πολυπλοκότητα του σκελετού των αυτοκινήτων απαιτεί τη χρήση ρομπότ με τουλάχιστον 6 βαθμούς ελευθερίας.

Από την άλλη πλευρά, τα ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου διαθέτουν συνήθως 5 βαθμούς ελευθερίας, αλλά δεν αποκλείεται και οι περιπτώσεις στις οποίες οι 4 βαθμοί είναι ικανοποιητικοί. Παρ' όλα αυτά όμως, η συγκεκριμένη διαδικασία εξακολουθεί να αποτελεί μια από τις δυσκολότερες εφαρμογές ρομπότ. Για να πραγματοποιηθεί μια τέτοια εφαρμογή πρέπει να ληφθούν υπόψιν τέσσερις παράμετροι : η τάση του παραγόμενου ηλεκτρικού τόξου, η ένταση του, η ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος με την οποία το ηλεκτρόδιο πρέπει να τροφοδοτηθεί και η ταχύτητα που πρέπει να έχει το ακροφύσιο κατά μήκος της συγκόλλησης. Οι παραπάνω παράμετροι πρέπει να καθοριστούν ανάλογα με τη σύνθεση και την πυκνότητα των προς συγκόλληση μετάλλων καθώς και με την απαιτούμενη σταθερότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης (πόση αντοχή θέλουμε να έχει η συγκόλληση). Παράλληλα ο προγραμματισμός του ρομπότ σε μια τέτοια εφαρμογή

είναι αρκετά δύσκολος, λόγω της ποικιλίας των μορφών της ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου, όπου η απαιτούμενη διαδρομή είναι διαφορετική σε κάθε μία από αυτές. Έτσι ένα αξιόπιστο ρομπότ πρέπει να διαθέτει αισθητήριες ικανότητες ώστε να μπορεί να διακρίνει τις μεταβολές που χρειάζονται στον κάθε τύπο συγκόλλησης. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται συστήματα όρασης όπως κάμερες, αισθητήρες ρεύματος Φουκώ κ.α.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

	ΣΗΜΕΙΑΚΗ	ΤΟΞΟΥ
Διαδικασία	Δεν απαιτείται προσθήκη υλικού	Απαιτείται στις περισσότερες περιπτώσεις
Μέθοδος	Μεταφορά ηλ. ρεύματος μεταξύ των προς ένωση μετάλλων	Δημιουργία ηλ. τόξου μεταξύ ηλεκτροδίου και μετάλλων
Εξοπλισμός	Το "ακροφύσιο" αποτελείται από δύο αμετάβλητα ηλεκτρόδια	Ενα αναλώσιμο ηλεκτρόδιο, το τόξο προφυλάσσεται από αδρανές αέριο
Σύστημα ελέγχου	Σημείο προς σημείο (PTP)	Συνεχής διαδρομή (CP)
Σύστημα κίνησης	Συνήθως υδραυλικό σπανίως σερβοκινητήρας	Συνήθως σερβοκινητήρας σπανιότερα υδραυλικό

Πηγή: "Robotics For Engineers" Yoram Koren

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4

6.4.4 Πληθυσμός - Πρόβλεψη

Στο σημείο αυτό παρατίθεται ο Πίνακας 6.5 που δίδει το πλήθος των ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης, σημειακής και τόξου, σε Αγγλία και Γερμανία. Το πλήθος αυτό αναφέρεται ως ποσοστό του συνόλου των ρομποτικών εφαρμογών, που έχουν πραγματοποιηθεί στις παραπάνω χώρες.

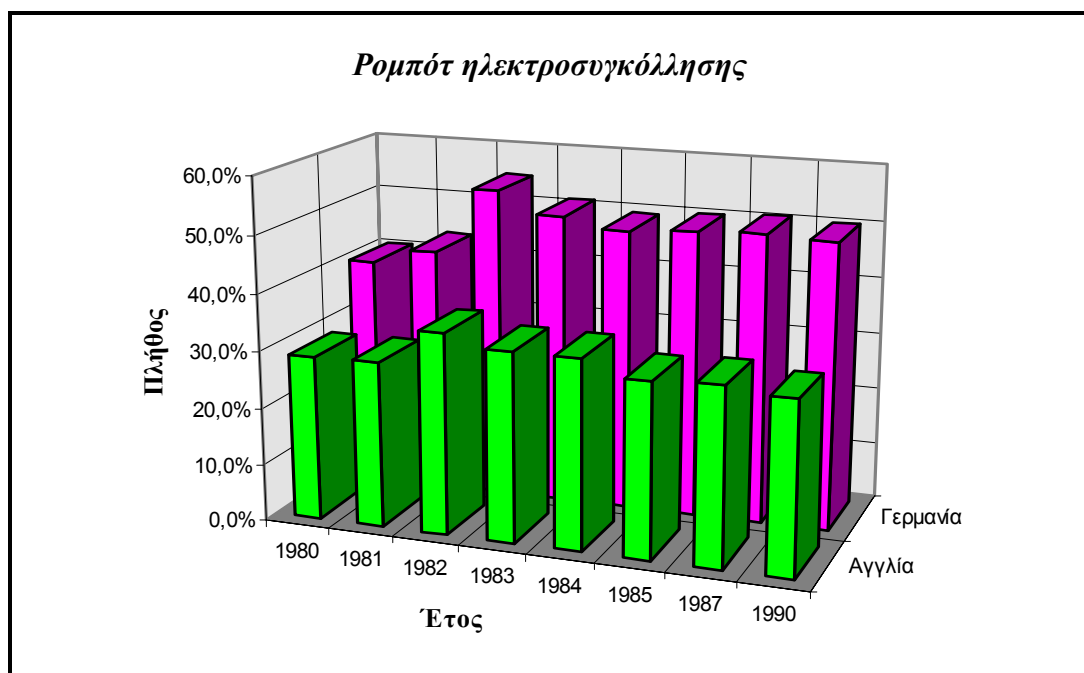
ΡΟΜΠΟΤ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ		
	Αγγλία	Γερμανία
1980	28,8%	40,2%
1981	29,0%	43,0%
1982	35,2%	54,7%
1983	33,2%	51,0%
1984	33,2%	49,2%
1985	30,5%	50,0%
1987	31,0%	50,5%
1990	30,0%	50,0%

Πηγή: "Trends in Industrial Applications" A.Davies, H.J.Lewis

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5

Από τον πίνακα αυτόν παρατηρείται ότι τόσο στην Αγγλία όσο και στην Γερμανία παρουσιάζεται μία τάση σταθεροποίησης του αριθμού των ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης στο 30-31% και στο 50-51% αντίστοιχα (Σχήμα 6.4).

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Πίνακα 4.1 για το 1990, τα ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης στην Αγγλία είναι περίπου 3.600 - το 30% του συνόλου που είναι 12.000 ρομπότ - ενώ στη Γερμανία το αντίστοιχο πλήθος είναι 11.000 - το 50% του συνόλου που ανέρχεται σε 22.000 ρομπότ. Τα παραπάνω στοιχεία αποδεικνύουν το γεγονός ότι οι εφαρμογές ηλεκτροσυγκόλλησης, αθροίζοντας τις δύο μεθόδους, σημειακής και τόξου, αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των ρομποτικών εγκαταστάσεων που έχουν πραγματοποιηθεί παγκοσμίως μέχρι σήμερα.



ΣΧΗΜΑ 6.4

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έρευνας της εταιρείας *Frost & Sullivan*, που περιλαμβάνονται σε άρθρο στο οποίο γίνεται μία πρόβλεψη για την περαιτέρω ανάπτυξη της ηλεκτροσυγκόλλησης. Η *Frost & Sullivan* είναι μια διεθνής εταιρεία ερευνών στον τομέα της προηγμένης τεχνολογίας. Οι μελέτες της βασίζονται σε εκτεταμένες συνεντεύξεις που παραχωρούνται από ειδικούς για το κάθε θέμα έρευνας, όπως είναι οι μηχανικοί και οι μάνατζερ επιλεγμένων εταιρειών.

Σύμφωνα λοιπόν με αυτήν τη μελέτη, αναμένεται σταθερή αύξηση της ζήτησης σε εξοπλισμό ηλεκτροσυγκόλλησης, στην Ευρωπαϊκή αγορά, της τάξεως του 2% ετησίως μέχρι το 1999. Στον όρο “εξοπλισμός ηλεκτροσυγκόλλησης” περιλαμβάνονται εκτός των βιομηχανικών ρομπότ, οι βοηθητικοί εξοπλισμοί, τα απαραίτητα καύσιμα καθώς και τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την προστασία των ρομπότ. Οι πωλήσεις αυτών των εξοπλισμών αναμένεται να φτάσουν τα 3,09 δισεκατομμύρια δολάρια με την έναρξη του επόμενου αιώνα.

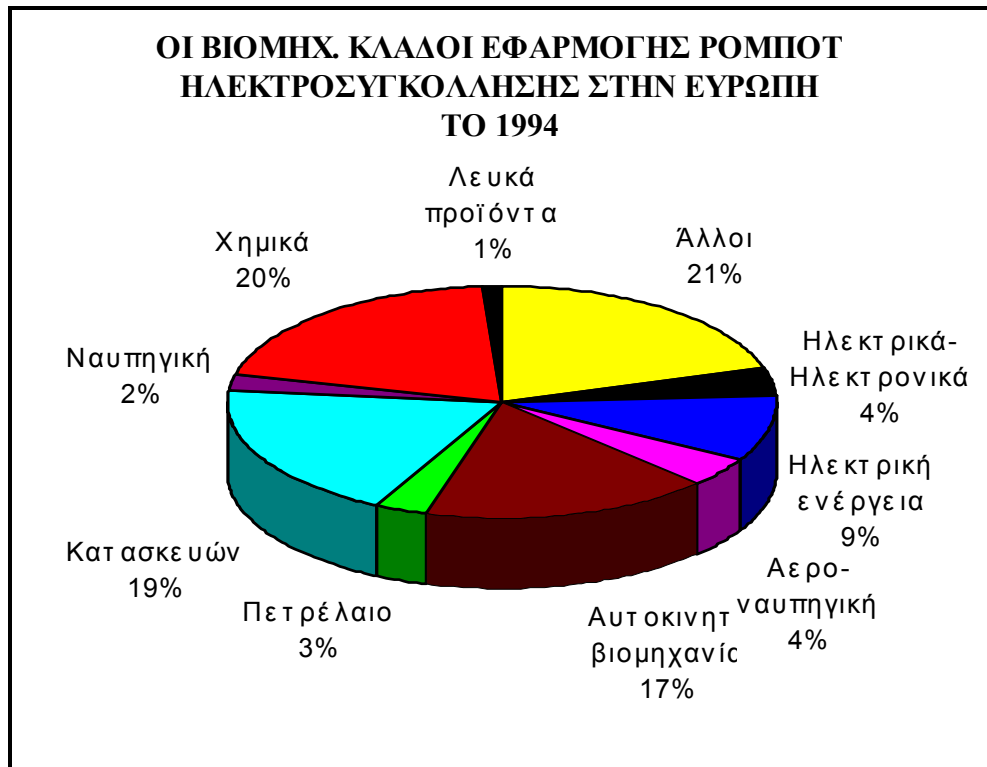
Οι επικρατέστερες περιοχές εφαρμογής των ρομπότ είναι η αυτοκινητοβιομηχανία, οι κατασκευαστικές εταιρείες, οι εταιρείες χημικών/ πετροχημικών καθώς και οι εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες κατέχουν ποσοστό μεγαλύτερο από 66% του συνόλου των περιοχών εφαρμογής

ρομποτικού εξοπλισμού ηλεκτροσυγκόλλησης (Βλέπε Σχήμα 6.5). Σε όλες τις παραπάνω περιοχές προβλέπεται αύξηση της ζήτησης, της οποίας τα ποσοστά ποικίλουν ανάλογα με το βιομηχανικό κλάδο και τη χώρα πραγματοποίησης μιας τέτοιας εγκατάστασης.

Σύμφωνα πάντα με την έρευνα της Frost & Sullivan οι πωλήσεις των συγκεκριμένων ρομπότ θα αυξηθούν την περίοδο 1994-99 κατά μικρό, σχετικά, αλλά σταθερό ποσοστό. Οι πωλήσεις αυτές έφτασαν τα 202,2 δις δολάρια το 1994, ενώ στη συνέχεια παρουσίασαν μια ελαφριά κάμψη.

Όσον αφορά τα ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου, οι εφαρμογές τους αναμένονται να αυξηθούν, μετά τη δυσμενή επίδραση που είχαν από την ευρωπαϊκή οικονομική ύφεση, καθώς αποτελούν το 24% του συνόλου των ρομπότ που χρησιμοποιήθηκαν στον τομέα των χημικών/πετροχημικών. Ο βιομηχανικός αυτός κλάδος αναμένεται να έχει τη μεγαλύτερη συνολική αύξηση, σε παραγωγικότητα και σε πωλήσεις προϊόντων, κατά τα έτη 1994-99.

Τέλος η Frost & Sullivan πιστεύει ότι στο μέλλον θα γίνει ευρεία χρήση του συστήματος συγκόλλησης με laser. Τα παραπάνω συστήματα αποτελούν σήμερα μόνο το 2% του συνολικού εξοπλισμού συγκόλλησης. Η αύξηση της χρήσης τους, όμως, αναμένεται να είναι μεγάλη λόγω της δυνατότητας τους να μεταφέρουν πολλά kilowatt ισχύος μέσω οπτικών ινών. Παράλληλα με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των μικροϋπολογιστών προβλέπεται η χρησιμοποίηση ακόμη πιο “ευαίσθητων” αισθητήριων οργάνων και συστημάτων ελέγχου, έτσι ώστε τα ρομπότ να μπορούν να ανταπεξέλθουν στους ολοένα και αυξανόμενους ρυθμούς παραγωγής καθώς και στις αυξημένες απαιτήσεις των επιχειρήσεων, όσον αφορά την ποιότητα των προϊόντων ηλεκτροσυγκόλλησης.



ΣΧΗΜΑ 6.5

6.5 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

Τα ρομπότ συναρμολόγησης (*assembly*) συγκαταλέγονται στην πιο ραγδαία αναπτυσσόμενη κατηγορία ρομπότ, ενώ παράλληλα στο άμεσο μέλλον αναμένεται να κατέχουν το μεγαλύτερο μερίδιο εφαρμογών στη βιομηχανία.

Τα ρομπότ αυτού του είδους έχουν σχετικά υψηλές ταχύτητες, που κυμαίνονται γύρω στα 4 ft/sec. Είναι αρκετά ευέλικτα, ηλεκτρικά κινούμενα και η απόσβεση της επένδυσης σ'αυτά είναι συνήθως μικρής χρονικής διάρκειας. Χαρακτηρίζονται από πολυλειτουργιακούς ρυθμιστές, οι οποίοι αποτελούνται από ένα πλήθος “θυρίδων” εισόδων και εξόδων, μέσω των οποίων ελέγχονται οι κινήσεις των ρομπότ. Έτσι όλα τα ρομπότ συναρμολόγησης έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν ένα ευρύ φάσμα επιδέξιων χειρισμών, οι οποίοι αλλάζουν από διεργασία σε διεργασία απαιτώντας μερικές μικρές αλλαγές στον προγραμματισμό του ρομπότ. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι αναμφισβήτητο πολύ σημαντικό καθώς η διαδικασία της συναρμολόγησης είναι ένας συνδυασμός πολύπλοκων και επιδέξιων χειρισμών.

Ταυτόχρονα ρομπότ συναρμολόγησης έχουν την ικανότητα να δέχονται και κυρίως να ανταποκρίνονται στις πληροφορίες που παίρνουν από τους αισθητήρες τους. Το βασικότερο πλεονέκτημα αυτής της δυνατότητας είναι ότι τα ρομπότ μπορούν να προγραμματιστούν, έτσι ώστε να διεκπεραιώνουν την εργασία τους αποδοτικά, ακόμα και σε ανεπιθύμητες καταστάσεις, όπως σε περίπτωση βλάβης, χωρίς να είναι απαραίτητη η ανθρώπινη παρέμβαση. Αντίθετα ο κλασικός εξοπλισμός συναρμολόγησης έχει αυστηρά περιορισμένη ικανότητα ανάκτησης του συστήματος σε περίπτωση βλάβης ή οποιασδήποτε άλλης ανεπιθύμητης κατάστασης. Τέλος τα ρομπότ αυτά, μπορούν να ενσωματωθούν, φαινόμενο το οποίο είναι πολύ σύνηθες, σε ένα εργασιακό χώρο μαζί με άλλων ειδών ρομπότ, μηχανές καθώς και εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου και να συνεργαστούν μαζί τους.

Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι συνάμα και λόγοι για τους οποίους κρίθηκε απαραίτητη η χρησιμοποίηση βιομηχανικών ρομπότ κατά τη διαδικασία της συναρμολόγησης.

Στην πράξη τα ρομπότ συναρμολόγησης χρησιμοποιούνται σε ένα πλήθος εφαρμογών, μερικές από τις οποίες είναι:

- Μεταφορά και τοποθέτηση ομοιόμορφων ή μη τεμαχίων σε προκαθορισμένες θέσεις

- Παραγωγή συρμάτινων ιμάντων
- Κατασκευή οικιακών συσκευών
- Συναρμολόγηση ηλεκτρικών προϊόντων όπως διακόπτες, κινητήρες και ηλεκτρονικού εξοπλισμού όπως συσκευές video, εκτυπωτές, γραφομηχανές και ηλεκτρονικοί υπολογιστές

Στην παγκόσμια αγορά τα πιο διαδεδομένα είδη ρομπότ συναρμολόγησης είναι τρία. Πρώτον, το *PUMA* που είναι το πλέον πολυχρησιμοποιημένο ρομπότ σε διαδικασίες συναρμολόγησης. Το κύριο χαρακτηριστικό του PUMA είναι ότι διαθέτει έναν περιστροφικό βραχίονα, που εκτελεί κινήσεις παρόμοιες με αυτές του ανθρώπου. Όσοι όμως επικρίνουν αυτό το ρομπότ, πιστεύουν ότι ο περιστροφικός βραχίονας είναι πρακτικά περιττός καθώς τα περισσότερα είδη συναρμολόγησης, σε ποσοστό πάνω από 80%, έχουν ορθογώνια διεύθυνση.

Η δεύτερη κατηγορία ρομπότ σχεδιάστηκε με καρτεσιανή-ορθογωνική δομή περιλαμβάνοντας τα *DEA PRAGMA* και *IBM 7565*. Η βασική κίνηση του PRAGMA είναι η ολίσθηση πάνω σε λεία επιφάνεια, η οποία αναγκαστικά καταλαμβάνει ένα μεγάλο χώρο του εργασιακού περιβάλλοντος. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μη εύκολη προσέγγιση του ρομπότ από το βοηθητικό εξοπλισμό, όπως η επιμέρους διάταξη τροφοδοσίας. Έτσι δημιουργήθηκε ένα εναλλακτικό σχέδιο που αξιοποιεί καλύτερα τον υπάρχοντα χώρο και είναι όμοιο με αυτό που υπάρχει στην IBM. Ο συνδυασμός λοιπόν, των PRAGMA και IBM δίδει ένα αξιόλογο ρομπότ συναρμολόγησης.

Τέλος το *SCARA* είναι το πιο πρόσφατα κατασκευασμένο ρομπότ συναρμολόγησης και δημιουργήθηκε στην Ιαπωνία. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για κατακόρυφη μεταφορά και τοποθέτηση αντικειμένων και ως εκ τούτου έχει μόνο τέσσερις βαθμούς ελευθερίας - τρεις εκ περιστροφής και ένα κάθετης μετατόπισης.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης ρομπότ σ'αυτού του είδους τις εφαρμογές είναι:

1. Μεγαλύτερη απόδοση που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας. Ένα απλό ρομπότ συναρμολόγησης της *Fanuc Limited*, που χρησιμοποιείται για τη συναρμολόγηση κινητήρων, συναρμολογεί πάνω από 80 κινητήρες σε ένα επτάωρο, ενώ στο ίδιο χρονικό διάστημα ένας εργάτης συναρμολογεί μόνο 30 κινητήρες.
2. Αν δεν συνυπολογίσουμε το κόστος εγκατάστασης των ρομπότ έχουμε μικρότερο κόστος παραγωγής. Λόγω της ακρίβειας και της ευελιξίας που διαθέτουν αυτού

του είδους τα ρομπότ, μπορούν να δουλεύουν διπλή βάρδια χωρίς να είναι απαραίτητη η επιτήρησή τους. Έτσι η επιχείρηση δεν αναγκάζεται να πληρώνει υπερωρίες σε εργαζόμενους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η *General Electric* που το 1983 δαπάνησε για ρομπότ 5,1 δισ. δολάρια, με στόχο την ετήσια εξοικονόμηση εργατικών και υλικών ύψους 2,6 δισ. δολλαρίων (δηλαδή με μία περίοδο αποπληρωμής δύο ετών).

3. Σταθερότητα στην ποιότητα των προϊόντων.
4. Μείωση των ελλειψιαστικών κομματιών και ταυτόχρονα εξοικονόμηση υλικών παραγωγής.

Ασφαλώς όμως υπάρχουν και μειονεκτήματα, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι:

1. Μείωση του εργατικού δυναμικού. Κατά την εφαρμογή ρομπότ στη *Hitachi* σημειώθηκε μείωση των απασχολούμενων με τη συναρμολόγηση κατά 30%.
2. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας παραγωγής ρομπότ συναρμολόγησης και όχι μόνο, δεν δημιούργησε σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, καθώς ο ευέλικτος αυτοματισμός διαδόθηκε μετά από κάποιο χρονικό διάστημα σε μεγάλη κλίμακα και σε αυτόν τον βιομηχανικό κλάδο. Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την *Fanuc Limited* που δημιούργησε, περίπου το 1980, μονάδα παραγωγής εργαλειομηχανών και ρομπότ. Κατά τον πρώτο χρόνο λειτουργίας της η μονάδα χρησιμοποίησε 100 εργατοτεχνίτες για την παραγωγή 100 ρομπότ το μήνα και ενός μεγάλου αριθμού εργαλειομηχανών, αριθμός που είναι περίπου ίσος με το 1/5 των εργατών που θα χρησιμοποιούσε ένα συνηθισμένο εργοστάσιο ανάλογης δυναμικότητας.
3. Η εφαρμογή ρομπότ συναρμολόγησης είναι μια από τις πιο δύσκολες όσον αφορά την εγκατάστασή της. Για να πραγματοποιηθεί μια τέτοια εγκατάσταση πρέπει το υπάρχον σύστημα παραγωγής να προσαρμοστεί στον ευέλικτο αυτοματισμό. Οι απαιτήσεις για την εγκατάσταση ενός απλού ευέλικτου συστήματος συναρμολόγησης είναι οι ακόλουθες:
 - το προϊόν πρέπει να σχεδιαστεί σύμφωνα με τις αρχές της αυτοματοποιημένης συναρμολόγησης
 - η μεταφορά των κομματιών από ένα σταθμό εργασίας σε ένα άλλο πρέπει να γίνει με συστηματικό τρόπο
 - όλα τα κομμάτια πρέπει να φτάσουν στο σωστό μέρος, τη σωστή στιγμή και με τη σωστή σειρά

- τα κομμάτια που θα συναρμολογηθούν πρέπει να έχουν σταθερή ποιότητα ώστε να μην υπάρχουν διαφοροποιήσεις
 - το σύστημα συναρμολόγησης πρέπει να είναι αποτελεσματικό στη διάγνωση κάποιου λάθους και στη γρήγορη αποκατάσταση του.
4. Εκτός από το υψηλό κόστος εγκατάστασης είναι απαραίτητη και η αγορά βοηθητικού εξοπλισμού. Ο βοηθητικός εξοπλισμός μπορεί να αναφέρεται σε συστήματα αισθητήρων, συστήματα ελέγχου της παραγωγής και μετατροπές στις γραμμές τροφοδότησης, τα οποία επιβαρύνουν το συνολικό κόστος. Το μέσο κόστος εγκατάστασης είναι 130.000\$ περίπου, από τα οποία μόνο το 40% (52.000\$) απαιτείται για την αγορά του ρομπότ. Ένα 35% περίπου (46.000\$) χρησιμοποιείται για περαιτέρω εξοπλισμό ενώ το υπόλοιπο 25% είναι κόστος εγκατάστασης. Αυτό το ποσοστό που αντιστοιχεί σε 32.000\$ είναι το υψηλότερο για οποιαδήποτε εφαρμογή βιομηχανικών ρομπότ.

Στη συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 6.6 που δίδει τον πληθυσμό των ρομπότ σε εφαρμογές συναρμολόγησης στην Αγγλία και στη Γερμανία, ως επί τοις εκατό ποσοστό του συνόλου των ρομπότ που χρησιμοποιούνται στις αντίστοιχες χώρες, σε διάφορες εφαρμογές.

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΡΟΜΠΟΤ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

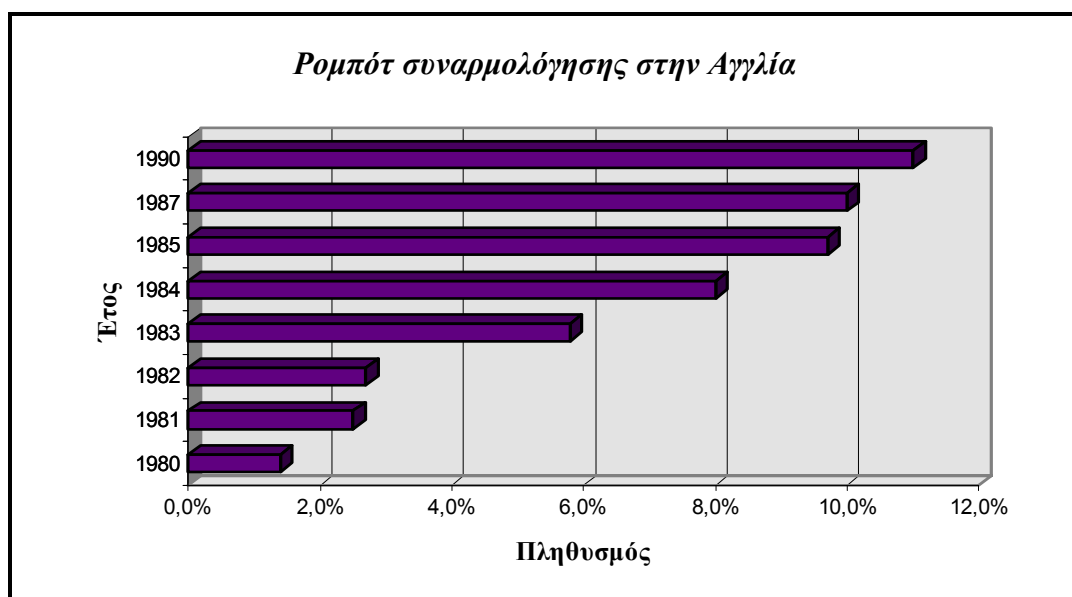
	<i>Αγγλία</i>	<i>Γερμανία</i>
1980	1,4%	4,3%
1981	2,5%	4,0%
1982	2,7%	3,5%
1983	5,8%	5,0%
1984	8,0%	7,0%
1985	9,7%	8,6%
1987	10,0%	9,4%
1990	11,0%	10,0%

Πηγή: "Trends in Industrial Applications", A. Davies & H.J. Lewis

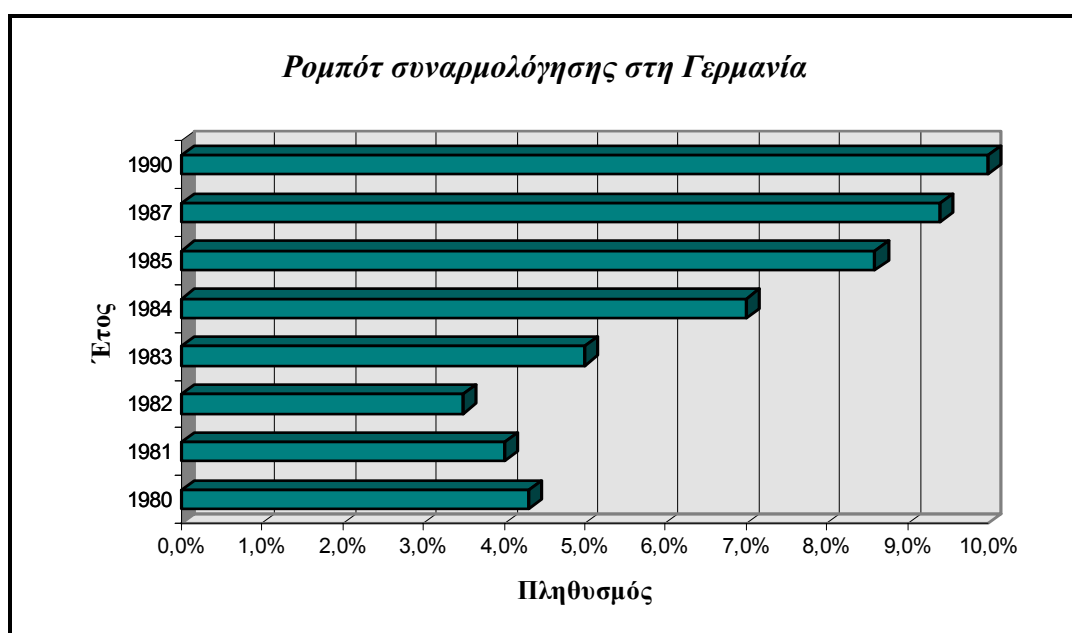
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, παρατηρείται μια αυξητική τάση σε εφαρμογές ρομπότ συναρμολόγησης τόσο στην Αγγλία όσο και στη Γερμανία. Πιο συγκεκριμένα, στην Αγγλία σημειώνεται μία συνεχής αύξηση, με μεγαλύτερη αυτή της περιόδου 1983-1984 (από 5,8% σε 8%) φθάνοντας το 1990 στα επίπεδα του 11% του συνόλου των εφαρμογών ρομπότ που πραγματοποιούνται στη χώρα αυτή. Από την άλλη πλευρά, στη Γερμανία ενώ αρχικά υπήρξε μείωση

(περίοδος 1981-82 από 4% σε 3,5%) στη συνέχεια παρατηρήθηκε μία σταθερή ανοδική πορεία αγγίζοντας το 10% κατά το 1990.



ΣΧΗΜΑ 6.6



ΣΧΗΜΑ 6.7

Ασφαλώς τα παραπάνω στοιχεία αφορούν τις δύο αυτές χώρες, αλλά είναι δυνατόν να γενικευθούν τα συμπεράσματα και για τις περισσότερες εκβιομηχανισμένες χώρες, δηλαδή παρατηρείται αυξητική τάση σε ρομπότ

συναρμολόγησης σε παγκόσμιο επίπεδο. Αναλυτικότερα οι εφαρμογές συναρμολόγησης το 1985 αντιπροσώπευαν μόλις το 11% του παγκόσμιου συνόλου των ρομποτικών εφαρμογών. Στη συνέχεια παρατηρήθηκε μία συνεχής αύξηση, με ποσοστά που κυμαίνονταν από 23% μέχρι και 32% ετησίως, φτάνοντας έτσι το 1990 το ποσοστό του 30%, περίπου, του συνόλου των εφαρμογών σε βιομηχανικά ρομπότ. Οι κλάδοι στους οποίους παρατηρείται η μεγαλύτερη ζήτηση είναι η αυτοκινητοβιομηχανία, η βιομηχανία μηχανολογικού εξοπλισμού και η βιομηχανία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών και συσκευών.

Η αυξανόμενη αυτή ζήτηση μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η συναρμολόγηση είναι μία διαδικασία στην οποία απαιτείται η διαχείριση εύθραυστων και πολύπλοκων κομματιών. Αυτό πραγματοποιείται από μικρότερα, ελαφρύτερα και πιο ευέλικτα ρομπότ, ρομπότ τα οποία είναι ευρέως διαδεδομένα στις μέρες μας. Επιπλέον απαιτείται ένα πλήθος επιδέξιων χειρισμών, οι οποίοι επιτυγχάνονται μόνο από ρομπότ που διαθέτουν τον πιο σύγχρονο εξοπλισμό, όπως αισθητήρες όρασης και επαφής, αυτόματα συστήματα ελέγχου της κίνησης κ.α. . Τέλος σε πολλές διαδικασίες συναρμολόγησης χρησιμοποιούνται ρομπότ, των οποίων ο προγραμματισμός και ο έλεγχος γίνεται με εξωτερικό σερβομηχανισμό, μία τεχνολογία που συνεχώς αναπτύσσεται και βελτιώνεται.

Παρόλο που παρατηρείται μεγάλη αύξηση, η συναρμολόγηση συγκρινόμενη με άλλες περιοχές εφαρμογών όπως ηλεκτροσυγκόλληση, βαφή ή διαχείριση υλικών, παρουσιάζει τη μικρότερη αύξηση όσον αφορά τη βελτίωση της απόδοσης και επομένως την αύξηση της παραγωγικότητας μιας επιχείρησης. Για να αυξηθεί η αποδοτικότητα και η αξιοπιστία των ρομπότ και για να γίνει η συναρμολόγηση η πρώτη κατηγορία εφαρμογής βιομηχανικών ρομπότ όπως προβλέπεται, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Η χαμηλή απόδοση των ρομπότ συναρμολόγησης οφείλεται, κυρίως, στο γεγονός ότι αυτού του είδους τα ρομπότ εξαρτώνται άμεσα από τον σχεδιασμό του προϊόντος, κάτι που δεν γίνεται στις προαναφερθέντες κατηγορίες εφαρμογών ρομπότ. Για να αποφευχθεί αυτό πρέπει να γίνει μετεκπαίδευση των σχεδιαστών του προϊόντος καθώς και των μηχανικών παραγωγής, έτσι ώστε τα νέα προϊόντα να σχεδιάζονται για αυτοματοποιημένη συναρμολόγηση.
- Τα ρομπότ συναρμολόγησης παραμένουν σε αρκετά υψηλές τιμές ενώ ταυτόχρονα είναι πολύ δύσκολη η εγκατάστασή τους. Παράλληλα απαιτείται ένα σημαντικό

ποσό για την αγορά του απαραίτητου βοηθητικού εξοπλισμού. Για τους λόγους αυτούς τα ρομπότ συναρμολόγησης πρέπει να γίνουν φθηνότερα και άρα πιο προσιτά ώστε η χρονική περίοδος της αποπληρωμής τους να είναι σχετικά μικρή και η επένδυση μιας επιχείρησης σε τέτοιου είδους ρομπότ να παρέχει ανταποδοτικά οφέλη σε σύντομο χρονικό διάστημα.

- Οι αισθητήρες επαφής και όρασης, οι οποίοι είναι απαραίτητοι, πρέπει να εξελιχθούν ακόμα περισσότερο έτσι ώστε να δίδεται η όσον το δυνατόν ακριβέστερη θέση των αντικειμένων στο χώρο εργασίας και να αποτρέπονται τυχόν προβλήματα στην εργασία των ρομπότ. Συνάμα οι ολοένα και αυξανόμενες απαιτήσεις των εφαρμογών συναρμολόγησης χρειάζονται μεγαλύτερη ακρίβεια και ταχύτητες εργασίας. Τέλος ο προγραμματισμός πρέπει να γίνει ευκολότερος, έτσι ώστε να μην χάνεται πολύτιμος χρόνος και κυρίως θα πρέπει να αναπτυχθεί η μεταφορά προγραμμάτων μεταξύ διαφορετικών τύπων ρομπότ καθώς και ειδών εργασίας.

6.6 ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΜΗΤΡΕΣ

Κατά τη διαδικασία της χύτευσης μετάλλων σε μήτρες (*die-casting*), χρησιμοποιούνται χυτά άνευ σιδήρου μέταλλα, τα οποία μορφοποιούνται σε μεταλλικά καλούπια που ονομάζονται μήτρες και κατόπιν ασκείται πίεση. Συνήθως χρησιμοποιούνται κράμματα μολύβδου, αλουμινίου, ψευδαργύρου, μαγνησίου, χαλκού και ορείχαλκου. Οι αντίστοιχες μηχανές, που πραγματοποιούν τη χύτευση, αποτελούνται κυρίως από δύο “πλάκες”, η μία κινητή και η άλλη σταθερή, με τις οποίες εφοδιάζουν τις μήτρες. Η όλη κατασκευή είναι αρκετά ανθεκτική έτσι ώστε να μπορεί να αντέξει στις πολύ υψηλές πιέσεις που ασκούνται.

Στην χύτευση χρησιμοποιούνται κυρίως δύο ειδών μηχανές, η μηχανή “κρύου δοχείου” και η μηχανή “ζεστού δοχείου” (*cold, hot - chamber machine*). Η μηχανή “ζεστού δοχείου” χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου το μέταλλο, το οποίο υφίσταται επεξεργασία με τη μέθοδο της χύτευσης, λιώνει σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία. Αντίθετα, η μηχανή “κρύου δοχείου” χρησιμοποιείται όταν τα κατεργαζόμενα μέταλλα έχουν την τάση να καταστρέψουν διάφορα τμήματα της μηχανής, στην θερμοκρασία της χύτευσης, οπότε και το μέταλλο λιώνει σε κάποιο εξωτερικό χώρο. Η μηχανή αυτή χρησιμοποιείται σε κατεργασίες κραμάτων αλουμινίου, μαγνησίου και ορείχαλκου.

Σ’ αυτό το σημείο θα πρέπει να τονίσουμε ότι η χύτευση μετάλλων σε μήτρες δεν είναι μια απλή διαδικασία. Η συντήρηση των μητρών, συμπεριλαμβανομένου του γρασαρίσματος και του καθαρισμού τους είναι αναγκαία αλλά και πολύ χρονοβόρα εργασία. Ο καθαρισμός των μητρών από έναν εργαζόμενο μπορεί να απαιτεί τη χρησιμοποίηση των χεριών του στο εσωτερικό αυτής, με κίνδυνο της σωματικής του ακεραιότητας. Ταυτόχρονα το περιβάλλον εργασίας δεν είναι μόνο επικίνδυνο, αλλά και δυσάρεστο λόγω της παρουσίας πολλών λιωμένων μετάλλων που συχνά κατεργάζονται σε πολύ στενούς και ζεστούς χώρους.

Από την άλλη πλευρά όμως, οι χειρωνακτικές εργασίες ήταν απαραίτητες. Στις μηχανές ζεστού δοχείου το 75% του κύκλου εργασίας ήταν αυτοματοποιημένο, ενώ στις μηχανές κρύου δοχείου μόλις το 45% του κύκλου εργασίας προγραμματιζόταν. Παράλληλα υπάρχουν μια σειρά από παράγοντες που επηρεάζουν το κύκλο εργασίας σε μια διαδικασία χύτευσης. Τέτοιοι είναι οι μεταβολές στην

ποιότητα των μετάλλων που συνεπάγονται μετατροπές στις θερμοκρασίες κατεργασίας των μετάλλων, φθορές στις μηχανές και στις μήτρες, προβλήματα τριβών κ.α.

Για όλους τους παραπάνω λόγους κρίθηκε απαραίτητη η χρήση ρομπότ. Ο βιομηχανικός αυτός κλάδος ήταν από τους πρώτους που χρησιμοποίησε ρομπότ για ακόμη δύο λόγους. Πρώτον, κατά τη διαδικασία της χύτευσης απαιτείται συνεχής και ακριβής προσανατολισμός των συστατικών μερών στις μήτρες. Ο προσανατολισμός αυτός είναι ουσιώδης κατά την εφαρμογή ρομπότ. Δεύτερον, για την εισαγωγή ρομπότ στην παραγωγική διαδικασία, ο απαιτούμενος βοηθητικός εξοπλισμός είναι ελάχιστος.

Έτσι λοιπόν, η πρώτη εφαρμογή ρομπότ στον τομέα της χύτευσης μετάλλων σε μήτρες έγινε το 1961, στην *Ford Motor Company*. Από τότε τα ρομπότ έχουν πραγματοποιήσει δισεκατομμύρια ώρες εργασίας στην Αμερική, στην Ιαπωνία και σε άλλες χώρες. Σε πολλές περιπτώσεις εργάζονται 7 ημέρες την εβδομάδα και 24 ώρες το 24ωρο. Ένα από τα πιο παλιά ρομπότ, το *Unimate*, είχε μέχρι το 1980 πραγματοποιήσει 90.000 ώρες εργασίας στη χύτευση μετάλλων. Αυτές οι ώρες ισοδυναμούν με 45 χρόνια ανθρώπινης εργασίας σε ένα δυσάρεστο, εξαιρετικά θερμό και βρώμικο περιβάλλον, το οποίο είναι δικαιολογημένα απορριπτέο από έναν εργαζόμενο.

Αναλυτικά λοιπόν, τα ρομπότ χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μεταφορά και την τοποθέτηση των μετάλλων, που ήδη έχουν κατεργαστεί με τη μέθοδο της χύτευσης, από τη μηχανή χύτευσης σε ταινιόδρομους ή μέσα σε δεξαμενές ψύξεως, οι οποίες περιέχουν πετρέλαιο ή νερό. Έπειτα τα μέταλλα μεταφέρονται στις πρέσες και από εκεί επανατοποθετούνται στους δρομείς.

Επιπροσθέτως, τα ρομπότ μπορούν να εφοδιάσουν τις μήτρες, να ψεκάσουν λιπαντικά χύτευσης μέσα σ' αυτές ή και να εφοδιάσουν τις μηχανές χύτευσης.

Ο αριθμός των ρομπότ που χρησιμοποιούνται για τις παραπάνω διεργασίες είναι αρκετά μεγάλος. Στον παρακάτω πίνακα δίδεται ο πληθυσμός των ρομπότ σε εφαρμογές χύτευσης, στην Αγγλία και στη Γερμανία, ως επί τις εκατό ποσοστό του συνόλου των ρομπότ που χρησιμοποιούνται στις αντίστοιχες χώρες.

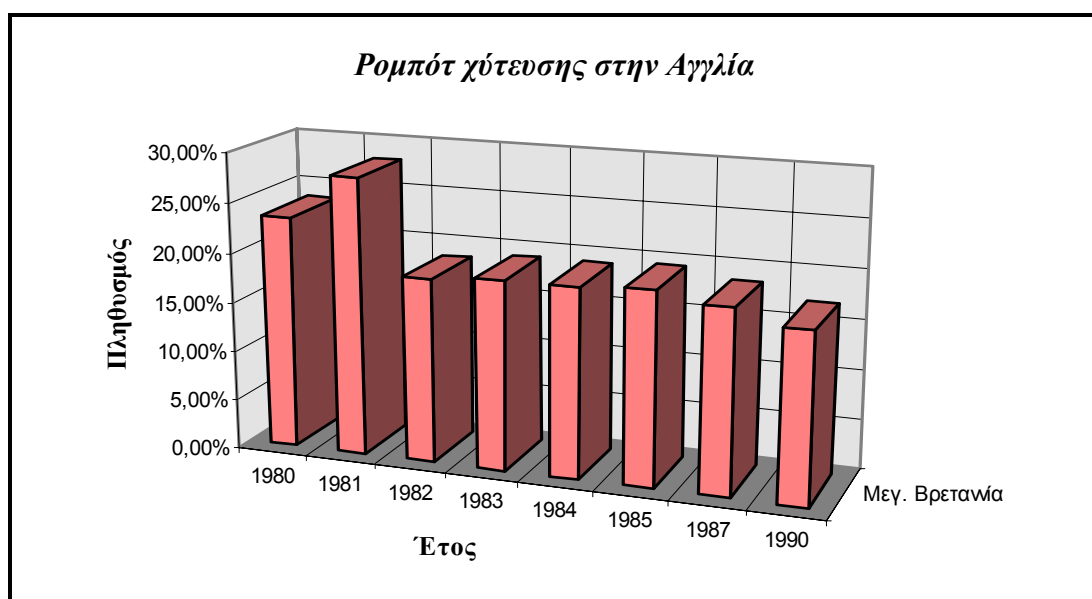
ΡΟΜΠΟΤ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΜΗΤΡΕΣ.

	<i>Αγγλία</i>	<i>Γερμανία</i>
1980	23,50%	5,20%
1981	28%	5%
1982	18,50%	3,40%
1983	19,10%	3%
1984	19,10%	2%
1985	19,50%	2%
1987	18,50%	2%
1990	17%	2%

Πηγή : "Trends in Industrial Applications", A.Davies & H.J.Lewis

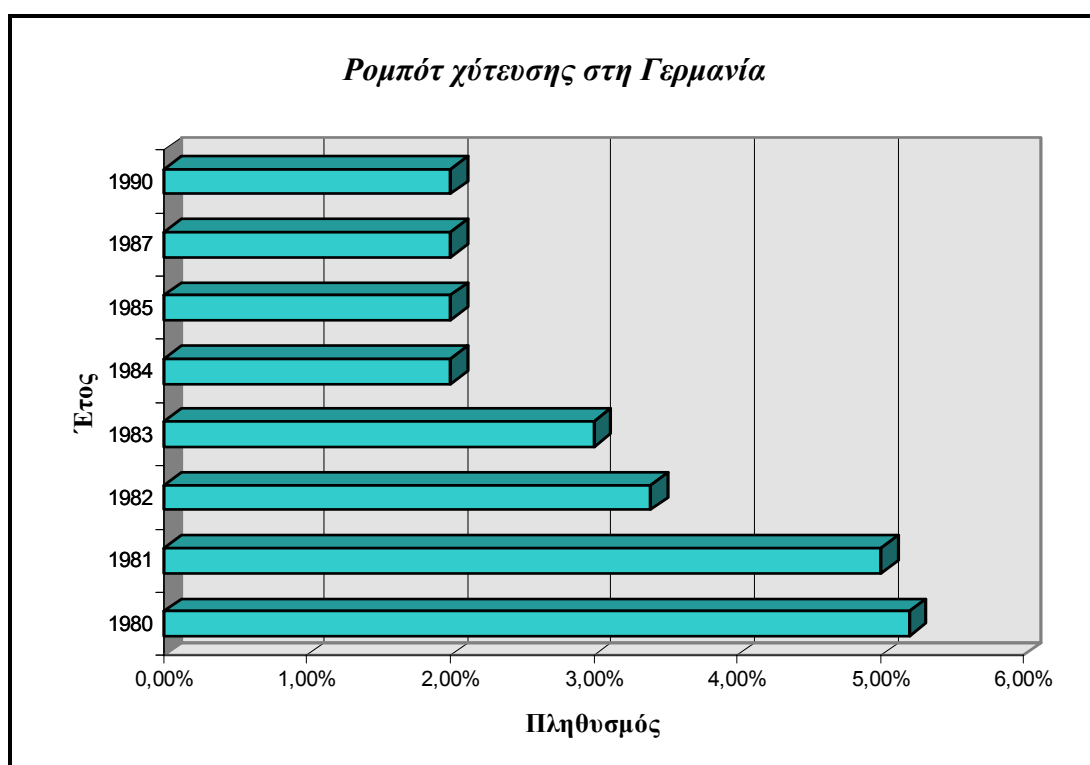
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα παρουσιάζεται μια πτωτική τάση στις εφαρμογές ρομπότ χύτευσης τόσο στην Αγγλία όσο και στην Γερμανία. Αναλυτικότερα, στη Μεγάλη Βρεταννία μετά από μια μικρή αύξηση κατά την περίοδο 1980-81 παρατηρήθηκε μια μεγάλη μείωση, από 28% σε 18,5% το 1982. Στη συνέχεια το ποσοστό των εφαρμογών χύτευσης κυμάνθηκε μεταξύ 18,5% και 19% πέφτοντας τελικά στο 17%, το 1990. Παρατηρώντας τη χρονική περίοδο 1985-1990 βλέπουμε ότι υπάρχει μια σταθερή πτωτική πορεία με αποτέλεσμα να αναμένεται περαιτέρω μείωση κατά τη δεκαετία του 1990.



ΣΧΗΜΑ 6.8

Αντίθετα στη Γερμανία οι εκτιμήσεις του πληθυσμού χύτευσης είναι πιο σαφείς. Τα ρομπότ χύτευσης αρχικά αντιπροσώπευαν το 5,2% του συνόλου των εφαρμογών ρομπότ στη χώρα αυτή, στη συνέχεια το ποσοστό αυτό ελαττώθηκε αισθητά και σταθεροποιήθηκε στο 2% (περίοδος 1984-1990). Η σταθεροποίηση αυτή δηλώνει ότι το ποσοστό αυτό θα παραμείνει ως έχει, χωρίς όμως να είναι απίθανη μια περαιτέρω μείωση.



ΣΧΗΜΑ 6.9

Προφανώς η πτωτική αυτή πορεία δεν αφορά μόνο τη Γερμανία και την Αγγλία, αλλά συναντάται στις περισσότερες χώρες που υπάρχουν εγκαταστάσεις ρομπότ. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για την πραγματοποίηση αυτού του είδους τις διεργασίες δεν απαιτούνται ρομπότ που να διαθέτουν ιδιαίτερες ικανότητες όπως χειρισμού, όρασης, σκέψης και ευκαμψίας. Έτσι τα ρομπότ αυτά δεν χρησιμοποιούν περαιτέρω εξοπλισμό όπως αισθητήρες όρασης και αφής, ευέλικτα αισθητήρια συστήματα κ.α., εξοπλισμοί οι οποίοι έχουν μεγάλη εξέλιξη στις μέρες μας και διαδίδονται με πολύ γρήγορο ρυθμό. Στην πραγματικότητα τα ρομπότ χύτευσης χαρακτηρίζονται ως ογκώδη, δύσκαμπτα και αρκετά αργά στις κατεργασίες

τους, χαρακτηριστικά τα οποία συνήθως απορρίπτονται σε άλλες περιοχές εφαρμογών βιομηχανικών ρομπότ. Με λίγα λόγια δηλαδή τα ρομπότ χύτευσης δεν είναι απαραίτητο να διαθέτουν κάποιον σύγχρονο εξοπλισμό ενώ συνάμα η λειτουργία τους δεν βασίζεται σε κάποια τεχνολογία η οποία διαρκώς εξελίσσεται και βελτιώνεται. Εξάλλου η κατηγορία αυτών των ρομπότ ήταν από τις πρώτες που εφαρμόστηκε στη βιομηχανία και όχι κύρια για λόγους μεγαλύτερης απόδοσης, μικρότερου κόστους παραγωγής κ.λ.π. αλλά λόγω των δυσάρεστων συνθηκών εργασίας και για λόγους ασφάλειας των εργαζομένων.

Στη συνέχεια ανφέρονται τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης ρομπότ σε αυτόν τον βιομηχανικό κλάδο. Συνοπτικά είναι :

- Μεγαλύτερη απόδοση που ισοδυναμεί με αύξηση της παραγωγής. Στις περιπτώσεις των εφαρμογών των ρομπότ Unimate είχαμε αύξηση της τάξεως του 30%.
- Καλύτερη και σχεδόν αμετάβλητη ποιότητα προϊόντων.
- Μείωση των απορριπτέων κομματιών.
- Καλύτερη εκμετάλλευση του κύριου εξοπλισμού.
- Μείωση των φθορών στις μήτρες με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τους.
- Ελάττωση του ρυθμού των ατυχημάτων των εργαζομένων που ισοδυναμεί με μεγαλύτερη ασφάλεια στο περιβάλλον εργασίας.

Τέλος, γίνεται μια αναφορά στη διαδικασία της απόσβεσης του κόστους του ρομπότ. Ο γενικός τύπος είναι:

$$P = I / (L - E)$$

όπου

P : χρόνος απόσβεσης σε έτη

I : συνολική επένδυση σε ρομπότ και περαιτέρω εξοπλισμό

L : ετήσια έσοδα

E : ετήσια έξοδα συντήρησης ρομπότ

Θεωρώντας ως δεδομένα I = 35000 \$, L = 28000 \$, E = 1700 \$ ή 2500 \$ (ρομπότ μονής ή διπλής βάρδιας) έχουμε:

Παράδειγμα 1

Ρομπότ που κατευθύνει δύο μηχανές χύτευσης και εργάζεται σε μονή βάρδια. Ο χρόνος απόσβεσης είναι :

$$P = 35000 / (28000 - 1700) = 1,3 \text{ χρόνια}$$

Παράδειγμα 2

Ρομπότ που κατευθύνει μία μηχανή χύτευσης και εργάζεται σε διπλή βάρδια. Ο χρόνος απόσβεσης είναι:

$$P = 35000 / (28000 - 2500) = 1,37 \text{ χρόνια}$$

Παράδειγμα 3

Ρομπότ διπλής βάρδιας εφοδιάζει δύο μηχανές χύτευσης τότε $L' = 2L = 56000$ \$ και ο χρόνος απόσβεσης είναι :

$$P = 35000 / (56000 - 2500) = 0,65 \text{ χρόνια}$$

Εκτός από τον γενικό τύπο υπάρχει και ο τύπος της απόσβεσης ως συνάρτηση του ποσοστού αύξησης της παραγωγικότητας :

$$P = I / [(L - E) + Q (L + Z)]$$

Q : συντελεστής ρυθμού παραγωγής

Z : συνολική αξία του εξοπλισμού (συνήθως 15% των εξόδων)

Θεωρούμε ένα ρομπότ διπλής βάρδιας, το οποίο χειρίζεται μία μηχανή χύτευσης. Έστω ότι αυτή η μηχανή κοστίζει 100000 \$. Με αύξηση της παραγωγικότητας κατά 20% και χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των παραπάνω παραδειγμάτων παρατηρούμε ότι η απόσβεση γίνεται σε 1 χρόνο περίπου. Αναλυτικά είναι :

$$P = 35000 / [(28000 - 2500) + 0,2 (28000 + 15000)] = 1,03 \text{ χρόνια}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Ειδικές εφαρμογές

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εκτός από τα ρομπότ στις “κλασικές” βιομηχανικές εφαρμογές, υπάρχουν και ρομπότ ειδικών περιοχών εφαρμογής, τα οποία δημιουργήθηκαν σχετικά πρόσφατα και η διάδοσή τους αναμένεται να είναι ευρεία στο εγγύς μέλλον.

Η ανάγκη δημιουργίας τους προήλθε από ερευνητικούς, κυρίως, λόγους. Έτσι πολλά ερευνητικά προγράμματα, όπως τα διαστημικά, ανέπτυξαν πολλών ειδών ρομπότ, τα οποία κάλυπταν συγκεκριμένες περιοχές εφαρμογών.

Οι εργασίες που πραγματοποιούνται από τέτοιου είδους ρομπότ, δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν ως μεταποιητικές. Παράλληλα τα ρομπότ ορίζονται με την ευρύτερη έννοια του όρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται σε υποβρύχιες εφαρμογές, στον ορισμό των οποίων περιλαμβάνεται και ο κύριος βοηθητικός εξοπλισμός (π.χ. το ρομποτικό όχημα).

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν ρομπότ που μπορούν να εκτελέσουν ένα μεγάλο εύρος εργασιών. Για παράδειγμα, το Adept 1850 XP έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει διαδικασίες παλεταρίσματος, ανάκτησης και τοποθέτησης, πακεταρίσματος αλλά και συναρμολόγησης. Αντιθέτως τα ρομπότ που μελετούνται σ’ αυτό το κεφάλαιο, είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να εκτελούν μια συγκεκριμένη και συνήθως πολύ εξειδικευμένη σειρά εργασιών. Έτσι ένα υποβρύχιο ρομπότ είναι αδύνατον να μπορεί να εκτελέσει ιατρικές εργασίες.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες περιοχές ειδικών εφαρμογών. Σε κάθε μία από αυτές, γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά των αντίστοιχων ρομπότ, στους λόγους χρησιμοποίησής τους, στα πλεονεκτήματα χρήσης τους κ.α. Παράλληλα παρουσιάζονται ορισμένα ιστορικά στοιχεία και δίδονται τα ενδεικτικότερα παραδείγματα της κάθε περιοχής.

Τέλος θα πρέπει να τονισθεί ότι βασικό ρόλο στη διαμόρφωση αυτού του κεφαλαίου έπαιξε το δίκτυο *Internet*. Μιλώντας γενικότερα, το *Internet* συνέβαλε στο μέγιστο βαθμό προς την ανάπτυξη και την διάδοση της ρομποτικής τεχνολογίας. Παρακάτω δίδονται ορισμένες από τις πιο χαρακτηριστικές διευθύνσεις του δικτύου:

<http://piglet.cs.umass.edu:4321/robotics.html>

<http://www.op.dlr.de/FF-DR/drrs/TELEROBOTICS/rotex.html>

<http://pat.mdc.com/charlotte/charlotte.html>

<http://www-mars.cnes.fr/default.html>

<http://www.lunacorp.com/route.html>
<http://www.lunacorp.com/lcdtrek.html>
<http://me.mit.edu/groups/robots/research.html>
<http://me.mit.edu/groups/robots/projects/fieldrobots.html>
<http://ranier.oact.hq.nasa.gov/telerobotics.html>
<http://ranier.oact.hq.nasa.gov/teleroboticspage/internetrobots.html>
<http://taurus.cs.nps.navy.mil/pub/mosaic.html>
<http://www.cs.umd.edu/projects/amrl/amrl.html>
<http://gate.uwe.ac.uk:8000/eng/ias/ias.html>
<http://mitsukuni.t.u-tokyo-ac.jp/publications/theme/autodrive.html>
<http://mitsukuni.t.u-tokyo-ac.jp/projects/medical/index.html>
<http://www.ivanhoe.com/docs/bachissues/pharmacyrobot.html>
<http://www2.utu.ac.sg:8000/micheu/resmedical.html>
<http://www.itd.url.navy.mil/ONRA/systems/1996/0814965.html>
<http://www2.nttca.com:8010/infomofa/trends/honbum/tj961104.html>
<http://www.me.uvic.ca/Faculty/MNres.html>
<http://www.undersea.com.au/research.html>
<http://mechatrol.mech.tohoku.ac.jp/homepage-e.html>
<http://www.itri.loyola.edu/ar93-94/sr.html>

7.2 ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Όπως είναι γνωστό το υγρό στοιχείο καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής έκτασης της γης, περίπου το 70%. Έτσι ο άνθρωπος διεύρυνε τους ορίζοντες του και στον υποβρύχιο χώρο, τόσο για ερευνητικούς όσο και για οικονομικούς λόγους. Στις περισσότερες από αυτές τις επιχειρήσεις απαιτούνται δύτες που να διαθέτουν μεγάλη αντοχή, ευελιξία καθώς και υψηλή ικανότητα να αντιμετωπίζουν την αβεβαιότητα του βυθού. Όμως η φύση του ανθρώπου δεν του επιτρέπει να εργαστεί πολλές ώρες κάτω από υψηλή πίεση. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητος ο βοηθητικός εξοπλισμός καθώς και ο συνεχής ανεφοδιασμός των αποθεμάτων του σε αέρα, από την επιφάνεια.

Αντιθέτως τα ρομπότ που αναπτύχθηκαν για τέτοιες εφαρμογές, έχουν μεγαλύτερη - από τον άνθρωπο - αντοχή, είναι λιγότερο εύθραυστα και μπορούν να εργαστούν σε πολύ μεγάλο βάθος. Παράλληλα απαιτούν λιγότερο εξοπλισμό και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι γρηγορότερα αλλά και οικονομικότερα από τον άνθρωπο. Έτσι ένας μεγάλος αριθμός διαφόρων τύπων υποβρυχίων ρομπότ χρησιμοποιείται για:

- δημιουργία ορυγμάτων που χρησιμεύουν στην τοποθέτηση πετρελαιοαγωγών και τηλεπικοινωνιακών αγωγών,
- ανεύρεση ναυαγίων και αγνοουμένων,
- εξερεύνηση σημείων του βυθού που είναι απρόσιτα στους δύτες (π.χ. εσωτερικό σπηλαίων) κ.α.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ότι στις υποβρύχιες εφαρμογές, ο όρος “ρομπότ” είναι πολύ πιο διευρυμένος από τις αντίστοιχες επίγειες. Έτσι ο κύριος βοηθητικός εξοπλισμός συμπεριλαμβάνεται στον ορισμό ενός υποβρυχίου ρομποτικού συστήματος. Τα υποβρύχια, λοιπόν, ρομπότ περιλαμβάνουν, εκτός από το χειριστή ή τα συνοδευτικά εργαλεία και ένα όχημα ή μια πλατφόρμα που μεταφέρει τα παραπάνω εργαλεία στον εργασιακό χώρο. Το ρομποτικό αυτό όχημα καλείται ως “*όχημα χειρισμού από απόσταση*” - Remotely Operated Vehicle (ROV) ή “*αυτόνομο υποβρύχιο όχημα*” - Autonomous Undersea Vehicle (AUV). Η διαφοροποίηση έγκειται στην παρουσία ή στην απουσία, αντιστοίχως, καναλιού επικοινωνίας που συνδέει το όχημα με το σταθμό ελέγχου, ο οποίος βρίσκεται στην

επιφάνεια της θάλασσας. Επίσης στη κατηγορία των ROV συγκαταλέγονται και τα: *τηλεχειριζόμενα οχήματα* - Remotely Controlled Vehicles (RCVs), *οχήματα απομακρυσμένης πλοήγησης* - Remotely Piloted Vehicles (RPVs).

Εκτός από το όχημα τα υποβρύχια ρομπότ διαθέτουν και συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη καθέλκυση των ρομπότ στο βυθό. Τα συστήματα αυτά είτε μένουν στην επιφάνεια, είτε μεταφέρονται με τη βοήθεια του οχήματος στον υποβρύχιο χώρο εργασίας.

Επίσης υπάρχουν συστήματα ελέγχου, τα οποία ποικίλουν ανάλογα με το επίπεδο ελέγχου και την πολυπλοκότητά τους. Επιτρέπουν την επίβλεψη του ρομπότ από μεγάλη απόσταση ενώ συνήθως, διαθέτουν οθόνη απεικόνισης (*monitor*) και συσκευές ελέγχου μέσω των οποίων ρυθμίζεται η συμπεριφορά και οι κινήσεις του ρομποτικού συστήματος.

Παράλληλα όλα τα υποβρύχια ρομπότ διαθέτουν μία πηγή ενέργειας, η οποία είτε παραμένει στην επιφάνεια και μεταφέρεται στο βυθό μέσω ενός καλωδίου, είτε βρίσκεται πάνω στο ρομπότ. Το καλώδιο αυτό δεν χρησιμοποιείται μόνο σε αυτόνομα υποβρύχια οχήματα (AUV). Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ του σταθμού ελέγχου και του ρομποτικού συστήματος. Τέλος η μορφή του εξαρτάται κυρίως από το είδος της υποβρύχιας εργασίας.

Τα παραπάνω τμήματα του συνολικού ρομποτικού συστήματος διαφέρουν από όχημα σε όχημα καθώς και ανάλογα με τη κατασκευάστρια εταιρεία. Το καθένα έχει διαφορετική μορφή και διαφορετικά εξαρτήματα, όμως είναι απολύτως απαραίτητα σε υποβρύχιες εφαρμογές ρομπότ.

Από ιστορικής άποψης, η ανάπτυξη αυτής της κατηγορίας ρομπότ, εκτός ελαχίστων περιπτώσεων, πραγματοποιήθηκε στα μέσα του 1970. Φορέας αυτής της ανάπτυξης ήταν ο στρατός και πιο συγκεκριμένα οι απόρρητες στρατιωτικές επιχειρήσεις συλλογής τορπίλων. Μόλις το 1953 ο *Riebekoff* κατασκεύασε το πρώτο ρομπότ που χρησιμοποιήθηκε σε αρχαιολογικές ανασκαφές στη Μεσόγειο, ενώ το 1975 το πρώτο ολοκληρωμένο υποβρύχιο ρομποτικό σύστημα εμφανίστηκε στην αγορά. Το *Hydro Products RCV-225*, όπως ονομάστηκε, διατίθεται ακόμα στο εμπόριο και χρησιμοποιείται τόσο από το στρατό όσο και από ιδιώτες. Προγενέστερα πολλά στρατιωτικά προγράμματα αλλά και ερευνητικά από πανεπιστήμια, χρηματοδοτούμενα από διάφορες κυβερνήσεις, κατασκεύασαν ένα μεγάλο αριθμό

υποβρυχίων ρομπότ, τα περισσότερα εκ των οποίων ήταν οχήματα χρησιμοποιούμενα για την παρατήρηση του βυθού.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι δύο εντελώς διαφορετικές τεχνολογίες έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη αυτών των ρομπότ:

1. Η δημιουργία της τηλεόρασης και γενικότερα των τηλεοπτικών συστημάτων (video, monitor κ.λ.π.). Έτσι δόθηκε η δυνατότητα παρατήρησης των κινήσεων και των διεργασιών που πραγματοποιεί ένα ρομπότ στο βυθό.
2. Η ανακάλυψη του ρομποτικού βραχίονα, που χρησιμοποιήθηκε στις πυρηνικές βιομηχανίες μεταξύ των δεκαετιών '70 και '80.

Τέλος ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα χρήσης υποβρυχίων ρομπότ, πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 1985 και του '86. Το 1985 ένα ROV ρομπότ, καλούμενο ως *ARGO*, ανακάλυψε τον *Τιτανικό* σε βάθους περίπου 4.000 m, στα βόρεια του Ατλαντικού Ωκεανού. Το επόμενο καλοκαίρι το ρομποτικό όχημα *Jason Junior* ή πιο γνωστό ως J. J. τοποθετήθηκε στο κατάστρωμα του πλοίου. Χρησιμοποιώντας συστήματα όρασης, οι ερευνητές μπόρεσαν να δουν τα απομεινάρια ενός συγκλονιστικού ναυαγίου, που είχε πραγματοποιηθεί 73 χρόνια πριν. Παρόμοια εφαρμογή πραγματοποιήθηκε και στην Ελλάδα περί τα τέλη του Οκτωβρίου του 1996. Μετά τη σύγκρουση του αντιτορπιλικού “Κωστάκος” και του επιβατικού “Σάμaina”, ένα υποβρύχιο ρομπότ χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό του “Κωστάκος”.

7.3 ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται σε αυτό το πεδίο εφαρμογών μπορούν να χαρακτηριστούν, με την ευρύτερη έννοια του όρου, ως τεχνητά όργανα. Τα τεχνητά όργανα είναι μηχανισμοί σχεδιασμένοι με σκοπό την αντικατάσταση μελών του σώματος (καρδιά, νεφρά, ήπαρ, άνω ή κάτω άκρα κ.λ.π.) ή τη βελτίωση των λειτουργιών του σώματος (βηματοδότης, συστήματα βελτίωσης της ακοής κ.λ.π.). Ανάλογα έχουμε προσθετικά συστήματα και συστήματα όρθωσης. Αναλυτικότερα για το καθένα είναι:

Προσθετικά συστήματα (Prosthetics)

Είναι τα τεχνητά όργανα που προστίθενται με σκοπό την αποκατάσταση των λειτουργικών και ανατομικών αναγκών του ανθρώπου, οι οποίες προέρχονται από την απώλεια κάποιου μέλους του. Οι περιπτώσεις προσθήκης μελών ποικίλουν ανάλογα με το είδος του απολεσθέντος τμήματος καθώς και με το επίπεδο ακρωτηριασμού. Έτσι έχουμε προσθήκη τμήματος πάνω ή κάτω από τον αγκώνα ή ολόκληρου του βραχίονα καθώς και προσθήκη τμήματος πάνω ή κάτω από το γόνατο ή και ολόκληρου του ποδιού. Παράλληλα υπάρχουν περιπτώσεις ολικής βλάβης κάποιου εσωτερικού τμήματος του ανθρώπινου σώματος, οπότε χρησιμοποιούνται μηχανικά συστήματα αντικατάστασης π.χ. καρδιάς, πάγκρεας κ.α.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις τα τεχνητά όργανα μπορούν να χαρακτηριστούν ως μερικώς δύσκαμπτα αρθρωτά συστήματα. Ο αριθμός των αρθρώσεων αλλά και η πολυπλοκότητα του συνολικού συστήματος καθορίζονται από το είδος της προσθήκης καθώς και από τις λειτουργικές, μορφολογικές ανάγκες του αναπήρου ατόμου (βάδισμα, άνοιγμα-κλείσιμο παλάμης, αρπαγή αντικειμένων, αντιμετώπιση φυσικών εμποδίων κ.α.).

Από τα πρώτα προσθετικά συστήματα που εφαρμόστηκαν, ήταν για αντικατάσταση παλάμης, περί τα τέλη του 1960. Η παλάμη αντικαταστάθηκε από ένα αρθρωτό μηχανισμό πέντε δακτύλων. Ήταν ένας αρκετά πολύπλοκος μηχανισμός καθώς το κάθε δάκτυλο και γενικότερα η κάθε άρθρωση απαιτούσε 19 μηχανικά συστήματα για τον έλεγχο και τη σωστή λειτουργία τους. Για αυτό το λόγο μεταγενέστεροι μηχανισμοί αντικατάστασης παλάμης χρησιμοποίησαν δύο μόνο δάκτυλα, με συνέπεια βέβαια τη μείωση των δυνατοτήτων του χεριού.

Συστήματα όρθωσης (Orthotics)

Ο όρος “όρθωσις” αναφέρεται στις περιπτώσεις όπου τεχνητά όργανα αποκαθιστούν λειτουργικές ατέλειες χωρίς την αντικατάσταση κάποιου μέλους του σώματος. Στις περιπτώσεις αυτές, το ρομπότ πρέπει να συνεργαστεί με ένα μέλος του σώματος το οποίο είτε υπολειτουργεί είτε είναι ολικώς κατεστραμένο. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων είναι πιο πολύπλοκη σε σχέση με τα αντίστοιχα προσθετικά.

Η πιο κλασική εφαρμογή ορθώτικού συστήματος είναι η εξωτερική υποβοήθηση των εξασθενημένων λειτουργιών του ασθενούς. Σε αυτή την περίπτωση πραγματοποιείται μεταφορά ενέργειας προς τον ασθενή, ανάλογα με τις ανάγκες του καθώς και με τη συμπεριφορά του σώματος του. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μεταφορά ενέργειας μπορεί να εξασκήσει υπερβολική πίεση σε κάποια περιοχή του σώματος του ασθενούς. Συνάμα η παράλυση, η κυριότερη μορφή αναπηρίας στην οποία εφαρμόζονται συστήματα όρθωσης, μπορεί να προκαλέσει σπασμό, προβλήματα στο κυκλοφοριακό σύστημα κ.α. Γι’ αυτό τα ορθώτικά συστήματα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να μην οξύνουν τα παραπάνω προβλήματα και να έχουν τη δυνατότητα να ανταπεξέρχονται στις ιδιαιτερότητες που προκαλεί το κάθε είδος αναπηρίας.

Σήμερα, τα πιο διαδεδομένα συστήματα όρθωσης είναι το *FES - Functional Electrical Stimulation* (Διέγερση των λειτουργιών μέσω ηλεκτρικού συστήματος) και *HAS - Hybrid Assistive System* (Υβριδικά Συστήματα Υποβοήθησης). Μέσω της διέγερσης ορισμένων μελών του ασθενούς και τα δύο συστήματα παράγουν μία ακολουθία μυϊκών συσπάσεων, πραγματοποιώντας τις βασικές λειτουργίες ενός ανθρώπου π.χ. βάδισμα, κίνηση χεριών κ.λ.π.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η εφαρμογή ιατρικών ρομπότ είναι αρκετά δύσκολη λόγω της πολυπλοκότητας του ανθρώπινου σώματος. Για την επιτυχία μίας τέτοιας εφαρμογής πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη πρώτα απ’ όλα η μορφή του σκελετού του κάθε ασθενούς. Όπως είναι γνωστό ο σκελετός αποτελείται από περισσότερα από 350 υποσυστήματα, για αυτό απαιτείται ο σωστός σχεδιασμός

του τεχνητού οργάνου ώστε να μπορεί να συνεργάζεται με όλα τα υπό λειτουργία υποσυστήματα.

Παράλληλα πρέπει να ληφθεί υπόψη το μυϊκό αλλά και το νευρικό σύστημα του ατόμου. Το μυϊκό σύστημα απαρτίζεται από 700 περίπου μύες ενώ το νευρικό σύστημα είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο των λειτουργιών του ανθρώπινου σώματος. Για το λόγο αυτό, τα ιατρικά ρομπότ εξοπλίζονται με σύγχρονα συστήματα ελέγχου. Τα συστήματα αυτά καλούνται συνήθως *CNS - Central Nervous System* “κεντρικό νευρικό σύστημα” και κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: στα CNS που έχουν τη δυνατότητα προγραμματισμού των κινήσεων τους χωρίς τη βοήθεια αισθητήρων και στα CNS τα οποία χρησιμοποιούν αισθητήρια όργανα. Η τελευταία κατηγορία χρησιμοποιείται κυρίως στις πιο πολύπλοκες εφαρμογές όπως σε περιπτώσεις παράλυσης, τύφλωσης κ.λ.π.

Συμπεραίνοντας, θα πρέπει να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι συστήματα υποβοήθησης ασθενών, που δε λαμβάνουν υπόψη την ισχυρή αλληλεπίδραση που έχουν τα διάφορα υποσυστήματα του ανθρώπινου σώματος, συνήθως απορρίπτονται από τους ασθενείς.

Στη συνέχεια αναφέρονται τα σημαντικότερα παραδείγματα υποβοήθησης αναπήρων ατόμων μέσω ιατρικών ρομπότ:

Spartacus.

Το Γαλλικό πρόγραμμα Spartacus δημιουργήθηκε με σκοπό την όσο το δυνατόν καλύτερη εφαρμογή της ρομποτικής τεχνολογίας σε παραπληγικά άτομα. Πραγματοποιήθηκε στο Επαγγελματικό Θεραπευτικό Τμήμα του Νοσοκομείου Raymond Poincare του Παρισίου - *Occupational Therapy Department of the Raymond Poincare Hospital* - και ολοκληρώθηκε στα τέλη περίπου του 1980 με τη δημιουργία του MAT1. Το MAT1 είναι μία χειριστική διάταξη, η οποία βοηθάει στην επίλυση των λειτουργικών προβλημάτων που έχουν οι παραπληγικοί ασθενείς. Η εξέλιξη και βελτίωση αυτής της διάταξης συνεχίζεται ακόμη και σήμερα.

Ρομπότ για κατάκοιτους ασθενείς.

Η βοήθεια που μπορούν να προσφέρουν τέτοιου είδους ρομπότ περιλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος λειτουργιών. Παράλληλα είναι επιθυμητό ο ασθενής να μπορεί να εκτελέσει όσο το δυνατόν περισσότερες από τις στοιχειώδεις λειτουργίες. Για το λόγο

αυτό, τα παραπάνω ρομποτικά συστήματα σχεδιάζονται έτσι ώστε να έχουν τη δυνατότητα να δεχθούν εντολές με οποιαδήποτε ανθρώπινη λειτουργία όπως αφή, φωνή, σφύριγμα, κίνηση χεριού ή κεφαλιού κ.α. Ταυτόχρονα διαθέτουν ένα κατάλογο λειτουργιών, ο οποίος εμφανίζεται σε μία οθόνη. Ο κατάλογος αυτός μεταδίδεται και με ηχητικά συστήματα (ενσωματωμένα synthesizer) προς αποφυγή περιπτώσεων μη κατανόησης των περιεχομένων του. Στη συνέχεια ο ασθενής μπορεί να επιλέξει κάποια από τις λειτουργίες, που περιλαμβάνεται στον παραπάνω κατάλογο, στέλνοντας ένα απλό σήμα στο ρομπότ π.χ. με την ανάγνωση της συγκεκριμένης εντολής ή με σφύριγμα.

Ειδικά ρομπότ για παράλυτους ασθενείς.

Είναι ρομπότ σχεδιασμένα να ανεβαίνουν ή να κατεβαίνουν σκάλες και χρησιμοποιούνται από άτομα με ολική ή μερική παράλυση. Ο σχεδιασμός αυτής της διάταξης στηρίζεται στο γεγονός ότι το αναπηρικό καροτσάκι παραμένει σε οριζόντια θέση και το κέντρο βάρους διατηρείται στην περιοχή των ποδιών. Είναι ένα ρομπότ αποτελούμενο από 6 πόδια και αρκετά πολύπλοκο σύστημα ελέγχου.

Ρομπότ όρασης.

Υποκαθιστά τα ανθρώπινα μάτια και δίνει τη δυνατότητα στον ασθενή να “δει”. Διαθέτοντας αισθητήρες όρασης, μεταφέρει τον ασθενή ελέγχοντας το περιβάλλον. Έτσι αποφεύγει φυσικά και μη εμπόδια τα οποία ο τυφλός ασθενής δεν μπορεί να διακρίνει.

Ρομπότ σε νοσοκομεία.

Χρησιμοποιώντας την ευρύτερη έννοια του όρου “ιατρικά ρομπότ”, υπάρχουν ρομπότ που δεν βοηθούν άμεσα τους ασθενείς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται στα χειρουργεία με σκοπό τη διευκόλυνση των εργασιών των γιατρών, νοσοκόμων κ.λ.π. Έτσι ρομποτικά συστήματα χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά και τοποθέτηση νοσοκομειακού εξοπλισμού καθώς και για τον εφοδιασμό των γιατρών με χειρουργικά εργαλεία γύρω από ένα περιστρεφόμενο τραπέζι.

Συμπερασματικά θα πρέπει να τονιστεί ότι τα ρομπότ αυτών των εφαρμογών είναι σχεδιασμένα ώστε να εκτελούν ένα πλήθος πολύπλοκων εργασιών σε αντίθεση με τα βιομηχανικά ρομπότ, που εκτελούν μία συγκεκριμένη διαδικασία. Έτσι τα ιατρικά ρομπότ πρέπει να είναι εφοδιασμένα με τον πιο σύγχρονο εξοπλισμό ώστε να ανταπεξέρχονται στις αυξημένες απαιτήσεις αυτών των καθηκόντων.

Ο σχεδιασμός τους πρέπει να στηριχθεί στο γεγονός ότι η εργασία τους πρέπει να συνδυάζεται με το περιβάλλον εργασίας, με το είδος και ποσοστό αναπηρίας του ατόμου που βοηθούν, αλλά και με την οικονομική δυνατότητα του ασθενούς. Τα ρομπότ αυτά πρέπει να διαθέτουν ευφυΐα, αξιοπιστία, να είναι ευέλικτα, μεγάλης αντοχής και κυρίως να χειρίζονται εύκολα ακόμη και από τον ασθενή.

Τέλος, το πιο σημαντικό σημείο που θα πρέπει να αναφερθούμε, είναι ότι τα ιατρικά ρομπότ πρέπει να είναι απολύτως ασφαλή. Δεν πρέπει να υπάρχει ενδεχόμενο τραυματισμού του ασθενούς σε περίπτωση βλάβης ή κάποιου κακού χειρισμού. Για το λόγο αυτό, ο μηχανικός και υπολογιστικός εξοπλισμός των ρομπότ πρέπει πολλές φορές να είναι διπλάσιος ή και τριπλάσιος σε δυνατότητες του αντίστοιχου εξοπλισμού των βιομηχανικών ρομπότ.

7.4 ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Από την έναρξη των διαστημικών ερευνών των Η.Π.Α., πολλά ρομποτικά συστήματα χρησιμοποιήθηκαν τόσο σε διαδικασίες υποστήριξης των αστροναυτών - προς εκτέλεση πολύπλοκων και επικίνδυνων εργασιών - όσο και σε ανεξάρτητες μη επανδρωμένες αποστολές. Στην πρώτη περίπτωση κύριος σκοπός των ρομπότ ήταν η μεταφορά του απαραίτητου βοηθητικού εξοπλισμού καθώς και η εκτέλεση απλών και επαναληπτικών εργασιών - όπως ανασκαφές. Αντίθετα στη δεύτερη περίπτωση, τα διαστημικά ρομπότ χρησίμευσαν κυρίως προς διερεύνηση του τοπίου. Τέτοιου είδους ρομπότ μπορούν να χαρακτηριστούν ως τηλεχειριζόμενα συστήματα, ενώ ο ακριβής χαρακτηρισμός τους προκύπτει από το βαθμό αυτονομίας τους.

Η χρήση τέτοιων ρομπότ συναντά αρκετές δυσκολίες λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν στο εξωγήινο περιβάλλον:

- *Συνθήκες έλλειψης βαρύτητας* - δυσκολεύουν τις κινήσεις αλλά βοηθούν στην ανύψωση μεγάλων φορτίων.
- *Συνθήκες κενού αέρος* - διαβρώνουν τα προστατευτικά υγρά του ρομπότ και επηράζουν σε μεγάλο, σχετικά, βαθμό τις αισθητήριες ικανότητες του. Το τελευταίο έχει ως αποτέλεσμα τη δυσκολότερη επικοινωνία μεταξύ χειριστή και ρομποτικού συστήματος.
- *Ιδιαίτερες συνθήκες φωτισμού και θερμοκρασίας* - υπάρχει η διαφορά μεταξύ του διαστημικού σκότους και του εκτυφλωτικού ηλιακού φωτός. Αυτό προκαλεί θερμοκρασιακές διαφορές αλλά και προβλήματα όρασης.

Προς αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών τα διαστημικά ρομπότ σχεδιάζονται έτσι ώστε να είναι αρκετά ανθεκτικά στις θερμοκρασιακές μεταβολές. Διαθέτουν συστήματα απορρόφησης, διάχυσης ή μετατροπής σε άλλη μορφή ενέργειας της εκλυόμενης θερμότητας από τον ήλιο. Ταυτόχρονα έχουν την ικανότητα να ανακλούν το ηλιακό φως ώστε να φωτίζουν τα σκιώδη σημεία. Παράλληλα, λόγω των δυσκολιών επικοινωνίας, διαθέτουν πιο γρήγορα, πιο ευαίσθητα και άρα πιο αποτελεσματικά συστήματα ελέγχου, σε σχέση με τα αντίστοιχα γήινα. Τέλος χαρακτηρίζονται από μια ποικιλία αισθητήριων οργάνων όπως:

1. *Αισθητήρες όρασης* - όπως CCD κάμερες ή συστήματα όρασης με laser.

2. *Αισθητήρες προσέγγισης* - εκπέμπουν φως ή υπέρυθρες ακτίνες οι οποίες προσκρούουν στα αντικείμενα του περιβάλλοντός τους και υπολογίζουν την απόσταση του μέσω του ανακλούμενου φωτός.
3. *Αισθητήρες αφής* - που τοποθετούνται στο ρομποτικό βραχίονα ή στην αρπάγη.
4. *Συστήματα ανίχνευσης με μικροκύματα ή Radar*.
5. *Κεντρικό σύστημα* το οποίο συλλέγει κι επεξεργάζεται όλες τις πληροφορίες και συντονίζει τις κινήσεις του ρομπότ.

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω χαρακτηριστικά τα διαστημικά ρομπότ γίνονται πιο γρήγορα, πιο ευέλικτα, παρέχοντας ταυτόχρονα μεγαλύτερη ασφάλεια στους αστροναύτες. Παράλληλα η ανάπτυξη της τεχνολογίας του αυτοματισμού βοήθησε στην αύξηση της προσαρμοστικότητας, της επιδεξιότητας άρα και της αποτελεσματικότητας τους σε ιδιαίτερες συνθήκες, όπως είναι αυτές του διαστήματος.

Κυρίως ενσωματώνονται στο σύνολο ενός διαστημικού σταθμού αυξάνοντας τη συνολική αποδοτικότητα. Μπορούν να εκτελέσουν ποικίλες εργασίες όπως:

1. συντήρηση και επιδιόρθωση, σε περίπτωση βλάβης, των δορυφόρων
2. συναρμολόγηση τμημάτων και υποσυστημάτων διαστημικών σταθμών
3. μεταφορά αντικειμένων και εξοπλισμού αστροναυτών και των σταθμών
4. υποστήριξη στην οδήγηση διαστημικών οχημάτων, μέσω των αισθητήρων όρασης.

Η πρώτη εφαρμογή ρομπότ στο διάστημα πραγματοποιήθηκε το 1977. Το έτος εκείνο, το διαστημόπλοιο *Viking* χρησιμοποίησε δύο ρομποτικά συστήματα για την εξερεύνηση της επιφάνειας και του υπεδάφους του Άρη. Τα ρομπότ αυτά ήταν δύο πτυσσόμενα συστήματα χρησιμοποιούμενα κυρίως σε διαδικασίες φόρτωσης - εκφόρτωσης, τα οποία διέθεταν αισθητήρες όρασης και αφής. Μέσω των ρομποτικών συστημάτων πραγματοποιήθηκε:

- χαρακτηρισμός του Άρη από γεωλογικής άποψης
- έρευνα για ενδεχόμενη ύπαρξη ζωής
- δειγματοληψία από την επιφάνεια και το υπέδαφος του πλανήτη
- χαρακτηρισμός της ατμόσφαιρας του Άρη.

Στις Η.Π.Α. βασικό ρόλο στην εξέλιξη και στην ανάπτυξη των διαστημικών ρομπότ έπαιξε η *NASA*. Στην *NASA* πραγματοποιήθηκαν πολλές έρευνες και μελέτες με σκοπό τη δημιουργία διαστημικών ρομποτικών συστημάτων. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι:

1. *Charlotte Intra* - κινητό ρομπότ που κατασκευάστηκε από την Mac Donell & Douglas. Ήταν ένα αυτόνομο όχημα το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην αποστολή της NASA με κωδικό STS-63.
2. Πρόγραμμα *ROTEX (Roboter Technology Experiment)* - ερευνητικό πρόγραμμα με σκοπό τη δημιουργία πολυαισθητήριων ρομποτικών συστημάτων. Χρησιμοποιήθηκε τον Απρίλιο του 1993 στο διαστημόπλοιο COLUMBIA (διαστημικό πρόγραμμα STS-55).
3. *Mars Pathfinder* - είναι το πιο πρόσφατο διαστημικό πρόγραμμα. Θα χρησιμοποιηθεί στην αποστολή λεπτομερούς έρευνας της επιφάνειας του Άρη, η οποία θα πραγματοποιηθεί στα τέλη του 1997.

Στον ευρωπαϊκό χώρο, ο κυριότερος φορέας ανάπτυξης των διαστημικών ρομπότ είναι η *ESA - European Space Agency*. Από τα σημαντικότερα ερευνητικά της προγράμματα ήταν το *Giotto* μέσω του οποίου ανακαλύφθηκαν οι κομήτες Halley (1986) και Grigg - Skeller up (1992). Ρομπότ, επίσης, θα χρησιμοποιηθούν και σε δύο μελλοντικά προγράμματα της ESA:

1. *Huygens* - Θα πραγματοποιηθεί περί τον Οκτώβριο του 1997 σε συνεργασία με τη NASA. Σκοπός του προγράμματος, που θα ολοκληρωθεί το 2004, είναι η έρευνα της ατμόσφαιρας του Τιτάνα, κυρίου δορυφόρου του Κρόνου.
2. *Rosseta* - Σκοπός αυτής της αποστολής είναι η μελέτη της μέχρι τώρα αλλά και της μελλοντικής εξέλιξης του ηλιακού μας συστήματος. Για το σκοπό αυτό αναπτύσσονται ρομπότ ικανά να συλλέγουν δείγματα από διάφορους κομήτες.

Τέλος στην Ιαπωνία η παραγωγή διαστημικών ρομπότ χρονολογείται από τα μέσα του 1980. Στην παραγωγή αυτή, συμβάλλουν κυβερνητικά προγράμματα καθώς και έρευνες από πανεπιστήμια και ιδιωτικές επιχειρήσεις. Οι κυριότερες ιαπωνικές ενώσεις, που ασχολούνται με διαστημικές εφαρμογές και χρηματοδοτούνται από το κράτος είναι οι: *National Space Development Agency, Institute of Space and Aeronautical Science, MITI*.

.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Συμπεράσματα

8.1 ΓΕΝΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ

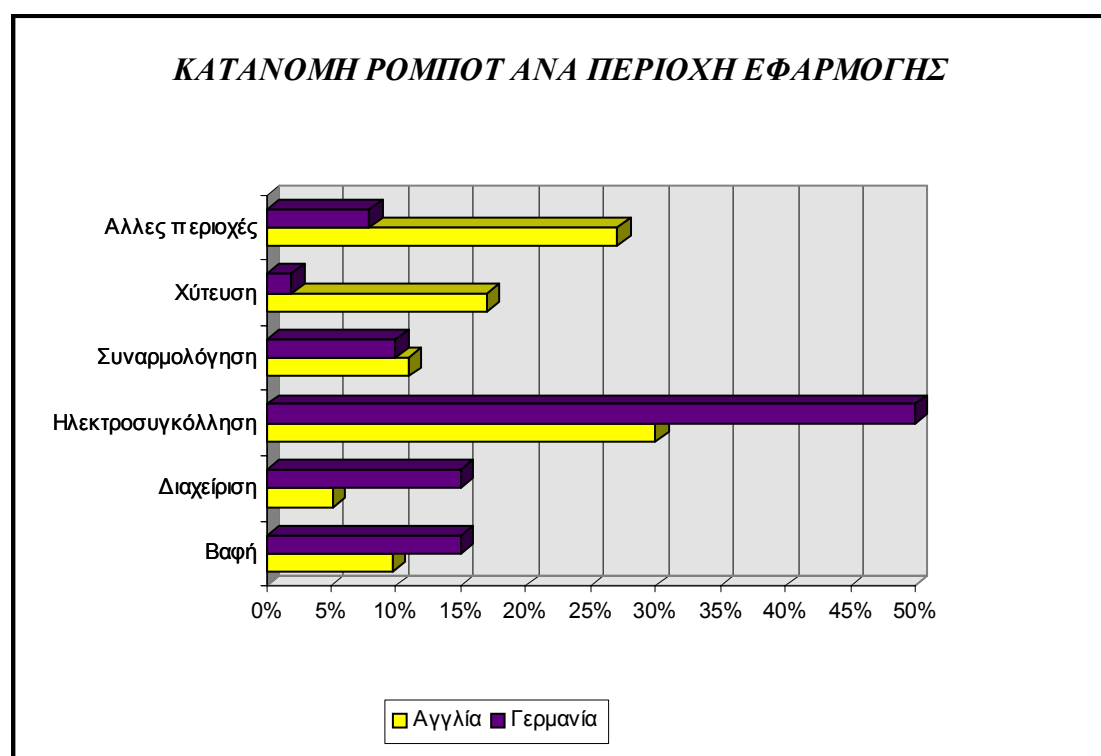
Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Κεφαλαίου 6, το πλήθος των βιομηχανικών ρομπότ σε κάθε περιοχή εφαρμογής, για το 1990, στην Αγγλία και στη Γερμανία είναι ως εξής:

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΡΟΜΠΟΤ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

	<i>Αγγλία</i>	<i>Γερμανία</i>
Βαφή	9,8%	15%
Διαχείριση	5,1%	15%
Ηλεκτροσυγκόλληση	30,0%	50%
Συναρμολόγηση	11,0%	10%
Χύτευση	17,0%	2%
Άλλες εφαρμογές	27,1%	8%
Σύνολο	100%	100%

Πηγή: "Encyclopedia of Robotics", Dorf

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1



ΣΧΗΜΑ 8.1

Πιο συγκεκριμένα τόσο στην Αγγλία όσο και στη Γερμανία, το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η περιοχή της ηλεκτροσυγκόλλησης (σημειακής και τόξου) με 30% και 50%, αντίστοιχα. Η διαφορά έγκειται στην ύπαρξη στη δεύτερη χώρα

περισσότερων αυτοκινητοβιομηχανιών, όπου και παρατηρείται το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης. Επίσης αξιόλογα ποσοστά παρατηρούνται σε ρομπότ βαφής και συναρμολόγησης, περιοχές που σήμερα συνεχώς αυξάνουν τις εφαρμογές τους. Τέλος στην Αγγλία παρατηρείται ένα αρκετά υψηλό ποσοστό, της τάξεως του 27%, το οποίο αναφέρεται σε άλλες περιοχές εφαρμογής ρομπότ. Οι περιοχές αυτές μπορεί να είναι τομείς που δεν έχουν καλυφθεί στο Κεφάλαιο 6, όπως μηχανική σφυρηλάτηση, κατεργασίες πρεσαρίσματος κ.α. ή αναφέρονται σε μη μεταποιητικές εφαρμογές.

Τα παραπάνω ποσοστά αναφέρονται στην Αγγλία και στη Γερμανία αλλά, σε γενικές γραμμές, αντικατοπτρίζουν την παγκόσμια τάση στη ζήτηση βιομηχανικών ρομπότ. Έτσι σε παγκόσμιο επίπεδο, τα ρομπότ ηλεκτροσυγκόλλησης κατέχουν την πρώτη θέση αποτελώντας το 30% του παγκόσμιου συνόλου, κυρίως λόγω του γεγονότος ότι χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών κλάδων: αυτοκινητοβιομηχανία, βιομηχανία παραγωγής οικιακών συσκευών, μεταλλικών συσκευών, δομικών μεταλλικών υλικών κ.α. .

Παράλληλα τα ρομπότ συναρμολόγησης αποτελούν την πιο ραγδαία αναπτυσσόμενη κατηγορία βιομηχανικών ρομπότ. Από το 11% του παγκόσμιου πληθυσμού ρομπότ, που κατείχαν το 1985, έφτασαν το 30% το 1990 με μέση ετήσια αύξηση που κυμαινόταν από 23-32%. Επίσης τα ρομπότ βαφής αποτελούν μία ισχυρή κατηγορία, λόγω της χρήσης τους σε δύο βιομηχανίες, οι οποίες αναπτύσσονται και βελτιώνονται συνεχώς στις μέρες μας: η αυτοκινητοβιομηχανία και η αεροναυπηγική. Στη συνέχεια ακολουθούν οι εφαρμογές ρομπότ διαχείρισης υλικών, λόγω της δυνατότητας τους που έχουν να καλύψουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και λόγω της εύκολης εγκατάστασης τους σε μία γραμμή παραγωγής. Τέλος, τα ρομπότ χύτευσης κατέχουν ένα πολύ μικρό ποσοστό του παγκοσμίου συνόλου. Αυτό προέρχεται κύρια από το γεγονός ότι η εγκατάσταση τέτοιων ρομπότ ήταν από τις πρώτες στη βιομηχανία και πραγματοποιήθηκε όχι για λόγους μεγαλύτερης απόδοσης, μικρότερου κόστους παραγωγής κ.λ.π. αλλά λόγω των δυσάρεστων συνθηκών εργασίας και για λόγους ασφάλειας των εργαζομένων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σύγχρονοι τύποι ρομπότ καθώς και τα πιο πρόσφατα βοηθητικά συστήματα, που είτε χρησιμοποιούνται σήμερα είτε αναμένεται να διαδοθούν ευρύτερα στο μέλλον, σε κάθε μία από τις παραπάνω βιομηχανικές περιοχές. Παράλληλα γίνεται αναφορά στις βελτιώσεις που μπορούν να

πραγματοποιηθούν, ώστε τα παραπάνω ρομπότ να διαδοθούν ακόμα περισσότερο στο μέλλον.

1. Βαφή με ψεκασμό.

Η τάση σ' αυτή την περιοχή είναι η χρησιμοποίηση όλο και πιο προηγμένων ρομπότ. Έτσι ένα σύγχρονο ρομπότ βαφής πρέπει να διαθέτει υψηλή ταχύτητα, ακρίβεια, ευελιξία καθώς και αισθητήρες όρασης, αφής, και γενικά αισθητήρια συστήματα τα οποία αυξάνουν την προσαρμοστικότητα του.

2. Διαχείριση υλικών.

Τα σύγχρονα ρομπότ αυτής της κατηγορίας διαθέτουν ενσωματωμένα πακέτα προγραμματισμού. Μέσω αυτών πραγματοποιούνται, αρχικώς, εικονικά οι διάφορες διεργασίες, δίδοντας έτσι τη δυνατότητα σε προκαταρκτικά σχέδια, να ερευνηθούν και να αξιολογηθούν εκτός γραμμής παραγωγής. Επίσης στο μέλλον, απαιτείται ακόμη καλύτερη σχεδίαση της γραμμής παραγωγής, ώστε κατά την εγκατάσταση ρομποτικών συστημάτων, τα ρομπότ να μπορούν να συνεργαστούν αρμονικά με τον υπόλοιπο εξοπλισμό. Προς αυτήν την κατεύθυνση χρησιμοποιούνται συστήματα προσομοίωσης του χώρου εργασίας του ρομπότ (Workspace, GRASP). Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιοχές εφαρμογής ρομπότ, διαφοροποιώντας κάθε φορά τα δεδομένα και τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής.

3. Ηλεκτροσυγκόλληση.

Για την ακόμη μεγαλύτερη διάδοση αυτού του είδους ρομπότ, απαιτείται η μείωση του κόστους εγκατάστασης τους, που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι το διπλάσιο σε σχέση με άλλες περιοχές. Η σύγχρονη τάση που παρατηρείται είναι ο εξοπλισμός αυτών των ρομπότ με αισθητήρες κυρίως όρασης όπως κάμερες, αισθητήρες ρεύματος Φουκώ κ.α. Τέλος ο μελλοντικός τύπος συγκόλλησης αναμένεται να γίνεται με τη χρήση ακτίνων laser. Αυτά τα ρομπότ κατέχουν πολύ μικρό ποσοστό σήμερα - μόλις το 2% του συνόλου των ρομπότ συγκόλλησης - αλλά η χρήση τους αναμένεται να αυξηθεί ραγδαία στο μέλλον, λόγω της δυνατότητας τους να μεταφέρουν πολλά kilowatt ισχύος μέσω οπτικών ινών.

4. Συναρμολόγηση.

Τα πιο εξελιγμένα μοντέλα ρομπότ συναρμολόγησης, είναι τα σερβοελεγχόμενα ρομπότ, τα οποία διαθέτουν τη μεγαλύτερη δυνατή ευελιξία και προσαρμοστικότητα. Μειονεκτούν σε σχέση με άλλα είδη ρομπότ, λόγω του υψηλού τους κόστους και των δυσκολιών εγκατάστασης τους. Οι δυσκολίες στην εγκατάσταση μπορούν να αποφευχούν με σωστό σχεδιασμό της γραμμής παραγωγής, κυρίως στο τμήμα της μεταφοράς και του χειρισμού των κομματιών. Τέλος πραγματοποιούνται προσπάθειες για ευκολότερο προγραμματισμό των παραπάνω ρομπότ καθώς και για δυνατότητα μεταφοράς προγραμμάτων μεταξύ διαφορετικών τύπων ρομπότ και ειδών κατεργασίας.

5. Χύτευση μετάλλων σε μήτρες.

Αντίθετα με τις άλλες περιοχές, τα ρομπότ χύτευσης δεν αναμένεται να έχουν σημαντική εξέλιξη στο μέλλον. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τέτοια ρομπότ είναι συνήθως ογκώδη, δύσκαμπτα και αρκετά αργά, χαρακτηριστικά τα οποία συνήθως απορρίπτονται σε άλλες εφαρμογές.

Παράλληλα με τις παραπάνω περιοχές, υπάρχουν ρομπότ που χρησιμοποιούνται σε τομείς που δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως βιομηχανικοί. Τέτοια ρομπότ αναπτύσσονται ραγδαία, χρησιμοποιώντας τους πιο σύγχρονους βοηθητικούς εξοπλισμούς. Η διάδοση τους αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον, κυρίως, λόγω των αυξανόμενων ερευνητικών αναγκών του ανθρώπου. Από την άλλη πλευρά όμως, μειονεκτούν των βιομηχανικών ρομπότ λόγω της αδυναμίας συνδυασμού χρήσης σε διαφορετικές περιοχές εφαρμογής.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί η σημαντική συμβολή της Ιαπωνίας προς τη διάδοση τέτοιων ειδών ρομπότ. Έτσι η Ιαπωνία έχει επεκτείνει τις εφαρμογές των ρομπότ της στον ιατρικό χώρο προς υποβοήθηση των γιατρών σε δύσκολες χειρουργικές επεμβάσεις, υποστήριξη ασθενών με διάφορους τύπους αναπηρίας κ.α. Επίσης σε συνεργασία με τις Η.Π.Α., κατασκευάζει διαστημικά ρομπότ με σκοπό την επισκευή δορυφόρων, διαστημικών κατασκευών, την υποβοήθηση των αστροναυτών κ.α. Εξάλλου, δημιουργούνται αυτόνομα κινητά ρομπότ που χρησιμοποιούνται τόσο σε διαστημικές όσο και σε υποβρύχιες εφαρμογές. Ταυτόχρονα αναπτύσσονται πολλά

συστήματα υποστήριξης των παραπάνω ρομπότ. Τέτοια είναι τα προγράμματα εικονικής πραγματοποίησης κάποιας εφαρμογής, π.χ. στα ιατρικά ρομπότ, η εικονική πραγματοποίηση μιας εγχείρισης, τα μηχανικά συστήματα υποστήριξης του ρομποτικού βραχίονα καθώς και οι μικροαισθητήρες όρασης και αφής που χρησιμοποιούνται κυρίως σε διαστημικές εφαρμογές.

Στη συνέχεια αναφέρονται επιγραμματικά ορισμένες από τις πιο πρόσφατες αναπτύξεις της ρομποτικής τεχνολογίας στην Ιαπωνία:

- *Μηχανισμοί με Παράλληλους Βραχίονες*: Είναι ρομπότ με βελτιωμένη ταχύτητα και ακρίβεια που δρουν συνεργατικά.
- *Τεχνολογία Εικονικής Πραγματικότητας*: Είναι συστήματα όπου οι κινήσεις ανθρώπων επαναλαμβάνονται και μαθαίνονται από ρομπότ, ενώ η πληροφορία μεταξύ ανθρώπου και ρομπότ μεταδίδεται σε πραγματικό χρόνο, και υπάρχει δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ περιβάλλοντος, ρομπότ και ανθρώπου.
- *Μικρο-Ρομπότ Καλυμένο με Μικροφωτοκύτταρα*: Είναι μικρά κινητά ρομπότ που έχουν αναπτυχθεί από τη *Sanyo Electric Corp.* και που αντλούν ενέργεια από τον ήλιο, ώστε να μην υπάρχει εξάρτηση από καλώδιο παροχής ισχύος. Αναμένεται να χρησιμοποιηθούν σε ιατρικές εφαρμογές και εφαρμογές συντήρησης.
- *Μουσικά Ρομπότ*: Είναι πειραματικά ρομπότ με εξελιγμένα άκρα με δάκτυλα, τα οποία παίζουν μουσικά όργανα.
- *Ρομπότ Ιατρικών Χρήσεων*: Τέτοια ρομπότ χρησιμοποιούνται ήδη σε υποβοήθηση εγχειρίσεων, λαπαροσκόπηση, κλπ.
- *Αυτόματο Σύστημα Κατασκευής Σήραγγας*: Είναι ρομπότ που χρησιμοποιούνται σε κατασκευαστικές εργασίες για διάνοιξη σήραγγας, αυτόματη επίχριση και τοποθέτηση πλακιδίων μέσα σε σήραγγες.
- *Ρομπότ Ψεκασμού Φυτομαρμάκων*: Είναι ρομπότ που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο εντόμων σε μηλιές, προστατεύοντας τους καλλιεργητές από τοξικά χημικά.
- *Ρομπότ Συντήρησης Κρεμαστής Γέφυρας*: Είναι ρομπότ που αναπτύχθηκαν για τη συντήρηση της επιφάνειας των υψηλών πύργων στις κρεμαστές γέφυρες μεταξύ των νήσων Honsyu και Shikoku.
- *Ευφυή Ρομπότ Καθαρισμού Πατωμάτων*: Είναι ρομπότ εξοπλισμένα με γυροσκόπιο και αισθητήρες όρασης και αφής. Η διαδρομή καθαρισμού

προγραμματίζεται ενώ αποφεύγονται οι συγκρούσεις χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες. Καθαρίζουν αυτόματα περί τα 2000m² ανά ώρα.

- *Ρομπότ Ασφαλείας*: Είναι ρομπότ εξοπλισμένα με καπνογόνα και φωτιά, έχουν ικανότητα αναγνώρισης του ανθρωπίνου σώματος, και διαθέτουν αισθητήρες για διαρροή νερού. Μετακινούνται αθόρυβα στα δωμάτια, και ειδοποιούν φρουρούς σε περίπτωση εισβολέων ή ατυχημάτων.
- *Ρομπότ Καθαρισμού Μεγάλων Αεροπλάνων*: Είναι συστήματα ρομπότ, ελεγχόμενα εξ' αποστάσεως χρησιμοποιώντας 17 κάμερες. Χρησιμοποιούνται από τη Boeing για τον καθαρισμό αεροπλάνων τύπου B747 μέσα σε 90 λεπτά.

Συνοψίζοντας μπορούμε να αναφερθούμε στα λόγια του Yukio Hasegawa:

“Η ιστορία της ρομποτικής ξεκίνησε με την εφαρμογή χειριστικών διατάξεων σε κατασκευαστικούς κλάδους. Έπειτα η ανάπτυξη της τεχνολογίας του αυτοματισμού οδήγησε στη δημιουργία ρομποτικών συστημάτων, ρομποτοποιημένων μονάδων παραγωγής και γενικότερα ευέλικτων συστημάτων παραγωγής.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η ευρεία χρήση ρομπότ να επιδρά σε πολλούς τομείς θετικά, όπως η παραγωγικότητα, το κόστος παραγωγής κ.λ.π., αλλά και αρνητικά, κυρίως στην εργατική απασχόληση με συνέπεια την εκτόπιση εργατικών χεριών.

Στις μέρες μας πολλά ερευνητικά προγράμματα πραγματοποιούνται με σκοπό την εφαρμογή ρομπότ σε μη βιομηχανικούς κλάδους, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα και εξειδίκευση. Έτσι η σημερινή τάση που παρουσιάζεται, είναι ρομπότ να χρησιμοποιούνται σε ολόένα και περισσότερες εφαρμογές που αφορούν τον άνθρωπο (π.χ. υποστήριξη ασθενών), με αποτέλεσμα να αποτελέσουν στο μέλλον ένα πολύ καλό φίλο του ανθρώπου”.

8.2 Η ΝΕΑ ΓΕΝΙΑ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Τα χαρακτηριστικά της νέας γενιάς βιομηχανικών ρομπότ μπορούν να εξαχθούν από τους περιορισμούς της τρέχουσας τεχνολογίας, τις τάσεις της αγοράς, και την αναμενόμενη πρόοδο στις τεχνολογίες των συνιστωσών. Βελτιώσεις και στις πέντε βασικές λειτουργίες της μεταχείρισης, αίσθησης, επικοινωνίας, ελέγχου, και λήψης αποφάσεων, αναμένονται στη μελλοντική ρομποτική τεχνολογία. Η πρόοδος σε όλες τις συνιστώσες τεχνολογίες της ρομποτικής τεχνολογίας θα επηρεάσει τέτοιες βελτιώσεις.

Η επόμενη γενεά των μηχανικών χειριστών αναμένεται να είναι *τμηματική* (modular), *απαρτιζόμενη* από υποκατασκευές (βραχίονες, καρπούς, μικροχειριστές, κλπ.) οι οποίες θα μπορούν εύκολα να συναρμολογηθούν σε μία ποικιλία ρομποτικών σχηματισμών. Επιπλέον, τα μελλοντικά ρομποτικά συστήματα αναμένεται να ενσωματώνουν παράλληλες ρομποτικές αρχιτεκτονικές ή συστήματα χειριστών με πολλούς βραχίονες, και συντονισμένες κινήσεις. Η χρήση συνεργαζόμενων συστημάτων πολλών βραχιόνων θα μειώσει τον χρόνο εκτέλεσης ενός έργου, κάτι το οποίο είναι απαραίτητο σε πολλές εφαρμογές κατασκευών ή επισκευών, όπως η συντήρηση πυρηνικών αντιδραστήρων.

Η *ακρίβεια* των διαθέσιμων χειριστών αναμένεται επίσης να βελτιωθεί σημαντικά, παρέχοντας τη δυνατότητα στην επόμενη γενεά ρομποτικών συστημάτων να χρησιμοποιείται πλήρως στις εφαρμογές συναρμολόγησης, επίβλεψης και ακριβούς κατεργασίας. Παράλληλα οι απαιτήσεις σε εφαρμογές κατεργασιών ακριβείας επεκτείνονται και στην δυνατότητα μεταφοράς φορτίου με τη συγκεκριμένη ακρίβεια. Θα χρειασθούν επίσης χειριστές οι οποίοι θα έχουν μικρή κάμψη υπό φορτίο ή υψηλή *σκληρότητα* (*ακαμψία* - stiffness) του τελικού σημείου. Οι αναμενόμενες πρόοδοι στη γεωμετρία και δομή του χειριστή θα βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά των ταλαντώσεων και την ακαμψία του τελικού σημείου στα εξαρτήματα των εμπορικών ρομποτικών συστημάτων. Επιπλέον, γενικοί μηχανισμοί σε επίπεδο αρθρώσεων ή εργαλείου, όπως εργαλειοοδηγοί, που θα μπορούν να βελτιώσουν τη σκληρότητα του ρομπότ αναμένεται να διατεθούν εμπορικά στο μέλλον.

Η επόμενη γενιά των τελικών στοιχείων δράσης θα έχει ιδιότητες μεταξύ των οποίων η δυνατότητα ταχείας αλλαγής, η τμηματικότητα, η επιδεξιότητα, οι συσκευές

προστασίας ρομπότ και εργαλείων, και η ενσωμάτωση αισθητήρων. Η γενική απαίτηση αλληλεπίδρασης με ένα μεγάλο εύρος αντικειμένων υποδεικνύει την ανάγκη για παγκόσμια (universal) τελικά στοιχεία δράσης. Αν και υπάρχει το δυναμικό για την ανάπτυξη ενός οικονομικού σχεδίου για παγκόσμια αρπάγη, ενσωματωμένη στο ρομπότ, η επόμενη γενεά τελικών στοιχείων δράσης θα δώσει έμφαση στις ιδιότητες εναλλαγών και αισθητήρων.

Στην περιοχή των *εξωτερικών συσκευών διασύνδεσης* των ρομπότ, βελτιώσεις τόσο στους εξωτερικούς αισθητήρες όσο και στις δυνατότητες επικοινωνίας δεδομένων αναμένονται στα ρομποτικά συστήματα επόμενης γενεάς. Αναμένεται επίσης να διατεθούν στο εμπόριο μικρά *φύλλα* (pads) αισθητήρων αφής τα οποία θα έχουν κατάλληλο χρόνο απόκρισης και ευαισθησία ώστε να χρησιμοποιηθούν στα άκρα των δακτύλων ρομποτικών χεριών. Τα δεδομένα από τέτοιου είδους αισθητήρες μπορούν να βελτιώσουν τη λειτουργικότητα των μηχανικών χεριών κατά την αρπαγή και την ακριβή μεταχείριση αντικειμένων. Επίσης, η τεχνολογία αίσθησης της ολισθηρότητας (slip-sensing) αναμένεται να διατεθεί ευρέως και να χρησιμοποιηθεί σε ρομποτικά συστήματα σχεδιασμένα για τη διαχείριση επικίνδυνων υλικών. Τέλος, στην επόμενη γενεά ρομποτικών συστημάτων, η ολοκλήρωση οπτικών αισθητήρων και ρομποτικού υλικού/ λογισμικού θα επιτυγχάνεται με χαμηλό κόστος.

Οι συσκευές διασύνδεσης για την επικοινωνία δεδομένων στα μελλοντικά ρομποτικά συστήματα αναμένεται να υποστηρίζουν όχι μόνο τους εξωτερικούς αισθητήρες και τους κινητήρες, αλλά και τους συνεργαζόμενους υπολογιστές και τοπικά υπολογιστικά δίκτυα. Αναμένεται επίσης ότι τυποποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας και διασύνδεσης θα υπάρξουν για ρομποτικούς ελεγκτές και για τα προγραμματιστικά συστήματα των χρηστών τους. Τέτοιες διασυνδέσεις παρέχουν στο χρήστη την επιλογή ελέγχου της κίνησης με ένα κατάλληλο πρόγραμμα που έχει υλοποιηθεί εξωτερικά. Η δυνατότητα αυτή ενδυναμώνει τη χρήση των ρομπότ σε κατασκευαστικά κελύφη υπό τον έλεγχο ενός κεντρικού υπολογιστή ή με τη χρήση ενός γενικευμένου λογισμικού σχεδιασμού ή λογισμικού εκτός γραμμής για τον προγραμματισμό του ρομπότ.

Στον τομέα της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής, της τελευταίας ενότητας συνιστωσών ρομποτικής τεχνολογίας, σημαντικές βελτιώσεις αναμένονται στα ρομποτικά συστήματα της επόμενης γενεάς. Η πολυπλοκότητα των ανθρώπινων εργασιών που απαιτούνται για τον προγραμματισμό και την παρατήρηση των

ρομποτικών εφαρμογών θα μειωθεί σημαντικά. Οι βιομηχανικές απαιτήσεις για τη χρήση αυτοματισμών καθοδηγούμενων από δεδομένα σε συνδυασμό με την πρόοδο στην τεχνολογία CAD/CAM, οι γλώσσες προγραμματισμού των ρομπότ, και η τεχνητή νοημοσύνη, αναμένεται να οδηγήσουν στην παραγωγή συστημάτων προγραμματισμού εκτός γραμμής βασισμένων σε CAD, σε γλώσσες προγραμματισμού σε επίπεδο έργου, και σε έμπειρους συμβούλους σχεδιασμού έργων.

Τέλος από την πλευρά των *συστημάτων*, η επόμενη γενεά ρομποτικών συστημάτων αναμένεται να είναι πιά αξιόπιστη, να κοστίζει λιγότερο, και να ενσωματώνει ολοκληρωμένες λειτουργίες συντήρησης και ασφαλείας, καθώς και προγράμματα εκπαίδευσης. Επίσης, οι τεχνικές δοκιμών απόδοσης αναμένεται να προτυποποιηθούν και να γίνουν ευρύτερα διαθέσιμες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κοντογιάννης Νίκος, *"Μελέτη Ρομποτικών Εγκαταστάσεων στην Ελληνική Βιομηχανία"*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, 1996.
2. *"Τα βιομηχανικά ρομπότ. Ο ρόλος τους στη Μεταποιητική Βιομηχανία"*, Μελέτη του Ο.Ο.Σ.Α., Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας, 1986.
3. George Rzevki, *"Designing Intelligent Machines Volume 1, Mechatronics - Perception, Cognition and Execution"*, Butterworth - Heinemann, 1995.
4. Εμίρης Δημήτριος, *"Σημειώσεις Ρομποτικής"*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, 1995.
5. Mikell P. Groover, Mitchel Weiss, Roger N. Nagel, Nicholas G. Odrey, *"Industrial Robotics. Technology, Programming and Applications"*, McGraw Hill International Editions, 1986.
6. Richard C. Dorf, *"Concise International Encyclopedia of Robotics"*, Wiley - Interscience Publications, 1990.
7. International Federation of Robotics (I.F.R.), *"World Industrial Robots 1994 - Statistics 1983 - 1993 and Forecast to 1997"*, Industrial Robot, Vol.22, No.1, pp: 5-7, 1995.
8. Japan Robot Association, *"Forecasts for World Demand of Industrial Robots Through To End of 1997"*, Industrial Robot, Vol.22, No.2, 1995.
9. Κουβαλιάς Γιώργος, *"Ο ρόλος της Ρομποτικής στη συσκευασία"*, Περιοδικό Plant, Αύγουστος - Σεπτέμβριος 1994.
10. Φραντς Ν., *"Ελληνικές εταιρείες υψηλής τεχνολογίας: οι εξαιρέσεις που επιβεβαιώνουν τον κανόνα"*, Περιοδικό ΕΠΙΛΟΓΗ, Μάρτιος 1994.
11. Γρούμπος Π. Πέτρος, *"Οι ανάγκες της Ελληνικής Βιομηχανίας για ενημέρωση και εκπαίδευση στις νέες τεχνολογίες του αυτοματισμού και της πληροφορικής"*, Περιοδικό Plant, Δεκέμβριος 1995 - Ιανουάριος 1996.
12. Joseph F. Engelberger, *"Robotics in Practice. Management and Applications of Industrial Robots"*, American Management Associations, 1982.
13. Yoram Koren, *"Robotics for Engineers"*, Mc Graw - Hill International Editions, 1987.

14. William R. Tanner, *"Industrial Robots Volume 2 - Applications"*, Society of Manufacturing Engineers, 1981.
15. Mike Wilson, *"Palletizing robot sets new standards"*, Industrial Robot, Vol.22, No.2, 1995.
16. Mike Wilson, *"PalletTool for Windows offers maximum robot utilization"*, Industrial Robot, Vol.22, No.2, 1995.
17. Werner E. Friedrich, *"Robotics Handling: Sensors Increase Reliability"*, Industrial Robot, Vol.22, No.4, pp: 23-26, 1995.
18. Roland Hansson, *"Robot lends a hand in a Swedish library"*, Industrial Robot, Vol.22, No.5, pp: 34-35, 1995.
19. Kristina Menzefricke, *"Steady Growth ahead in Welding Market"*, Industrial Robot, Vol.22, No.3, 1995.
20. Howard H. Wang, Stephen M. Rock, Michael J. Lee, *"The Design and Development of Intelligent Underwater Robots"*, Autonomous Robot, Vol.3, pp: 297-320, 1996.
21. K. Schilling, J. De Lafontaine, H. Roth, *"Autonomy Capabilities of European Deep Space Probes"*, Autonomous Robot, Vol.3, pp: 19-30, 1996.
22. C. Vasudevan, K. Gauesan, *"Case - Based Path Planning for Autonomous Underwater Vehicles"*, Autonomous Robot, Vol.3, pp: 79-89, 1996.
23. Yukio Hasegawa, *"A New Wave of Japanese Robotization"*, The 4th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Signapore, 3-6 December 1996.