

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΙΜ. Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ

ΧΥΤΕΥΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘ. Α. ΠΡΟΚΟΠΙΟΥ

ΑΙΜ. Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

Γ.-ΦΟΙΒΟΣ ΣΑΡΓΕΝΤΗΣ ΥΠ.ΔΡ. Ε.Μ.Π.



Δημοσιεύσεις Εργαστηρίου Τεχνικών Υλικών
Τεύχος 8

ΑΘΗΝΑ 2005

ΧΥΤΕΥΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘ. Α. ΠΡΟΚΟΠΙΟΥ

ΑΙΜ. Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ
Γ.-ΦΟΙΒΟΣ ΣΑΡΓΕΝΤΗΣ ΥΠ.ΔΡ. Ε.Μ.Π.

Δημοσιεύσεις Εργαστηρίου Τεχνικών Υλικών
Τεύχος 8

Ερευνητικό έργο: Χύτευση της προτομής του Καθ. Α. Προκοπίου
Περίοδος εκτέλεσης: 2004
Επιστημονικός υπεύθυνος: Καθ. Αιμ. Κορωνάιος
Επιμέλεια: Γ.-Φοίβος Σαργέντης Υπ. Δρ.

Εικόνα εξωφύλλου: Η προτομή του Καθ. Α. Προκοπίου

Το τεύχος του ερευνητικού έργου είναι διαθέσιμο από τη διεύθυνση: www.ntua.gr/vitruvius/ress.htm

© 2005 Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Πρώτη έκδοση

Αθήνα, Ιούνιος 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κατάλογος εικόνων	iv
Περίληψη	vi
Εισαγωγή	1
1 Χύτευση χαλκού με τη μέθοδο του χαμένου κεριού	2
1.1 Γενικά	2
1.2 Διάγραμμα ροής των εργασιών	2
1.3 Σχηματικό διάγραμμα ροής των εργασιών	2
2 Διαδικασία κατασκευής	5
2.1 Γενικά	5
2.2 Πρωτογενές εκμαγείο	5
2.3 Κατασκευή κέρινου ομοιώματος, αγωγών χύτευσης και δευτερογενούς εκμαγείου	7
2.4 Δευτερογενές εκμαγείο	9
2.5 Θερμογραφήματα κατά την διάρκεια της χύτευσης	11
3 Επιλεγόμενα	13
3.1 Γενικά	13
3.2 Ανδριάντας του Γ. Αβέρωφ	13

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1: Διαδικασία χύτευσης με την έμμεση μέθοδο του χαμένου κεριού	2
Εικόνα 1.2: Το πρωτότυπο έργο.....	3
Εικόνα 1.3: Από το πρωτότυπο έργο κατασκευάζεται εκμαγείο από γύψο και ελαστικό (πρωτογενές εκμαγείο)	3
Εικόνα 1.4: Από το πρωτογενές εκμαγείο παράγεται κέρινο ομοίωμα.....	3
Εικόνα 1.5: Κατασκευή αγωγών χύτευσης	3
Εικόνα 1.6: Κατασκευή δευτερογενούς εκμαγείου	3
Εικόνα 1.7: Όπτηση δευτερογενούς εκμαγείου.....	3
Εικόνα 1.8: Χύτευση χαλκού στο δευτερογενές εκμαγείο	4
Εικόνα 1.9: Επεξεργασία του μετάλλου αφαίρεση των αγωγών χύτευσης, πατίνα	4
Εικόνα 1.10: Ολοκλήρωση του έργου.....	4
Εικόνα 1.11: Κατά την παραμονή του έργου σε υπαίθριο χώρο, το έργο θα δεχθεί χημικές και θερμικές φορτίσεις	4
Εικόνα 2.1: Η προτομή του καθ. Α. Προκοπίου (γύψος).....	5
Εικόνα 2.2: Η προτομή του καθ. Α. Προκοπίου (γύψος).....	5
Εικόνα 2.3: Διαχωρισμός του έργου για την κατασκευή του εκμαγείου	6
Εικόνα 2.4: Εφαρμογή του ελαστικού στο έργο	6
Εικόνα 2.5: Η προτομή με το ελαστικό εκμαγείο	6
Εικόνα 2.6: Κατασκευή της γύψινης εσάρπας	6
Εικόνα 2.7: Κατασκευή της γύψινης εσάρπας	6
Εικόνα 2.8: Τα κλειδιά της γύψινης εσάρπας.....	6
Εικόνα 2.9: Μπροστινή όψη του εκμαγείου.....	7
Εικόνα 2.10: Πίσω όψη του εκμαγείου	7
Εικόνα 2.11: Επάλειψη με πρώτη στρώση κεριού	7
Εικόνα 2.12: Προετοιμασία του κεριού για τη δεύτερη στρώση κεριού.....	7
Εικόνα 2.13: Τοποθέτηση της δεύτερης στρώσης κεριού.....	8
Εικόνα 2.14: Σύνδεση των εκμαγείων.....	8
Εικόνα 2.15: Προετοιμασία κονιάματος	8
Εικόνα 2.16: Το εσωτερικό του κέρινου ομοιώματος.....	8
Εικόνα 2.17: Τοποθέτηση των αγωγών χύτευσης της πίσω όψης.....	8
Εικόνα 2.18: Εκμάγευση της μπροστινής όψης	8
Εικόνα 2.19: Αγωγοί χύτευσης της προτομής.....	9
Εικόνα 2.20: Πρώτη στρώση εξωτερικού κονιάματος χύτευσης	9
Εικόνα 2.21: Δεύτερη στρώση εξωτερικού κονιάματος χύτευσης.....	9
Εικόνα 2.22: Ολοκλήρωση του εξωτερικού κονιάματος χύτευσης.....	9
Εικόνα 2.23: Χύτευση χαλκού	10
Εικόνα 2.24: Το εκμαγείο του έργου μετά την χύτευση	10
Εικόνα 2.25: Η προτομή και το εκμαγείο του έργου μετά την εκμάγευση (αγωγοί στο εξωτερικό μέρος της προτομής)	10
Εικόνα 2.26: Το εσωτερικό του έργου	10
Εικόνα 2.27: Η προτομή μετά χύτευση κατά την κατεργασία του μετάλλου	10
Εικόνα 2.28: Η τελική μορφή της προτομής μετά από την πατίνα	10

Εικόνα 2.29: Προετοιμασία του μετάλλου.....	11
Εικόνα 2.30: Χύτευση χαλκού (μπρούτζου) στο εκμαγείο από κονίαμα γύψου-οπτής αργίλου	11
Εικόνα 2.31: Αγωγός εισόδου του μετάλλου 5 min μετά την χύτευση.....	11
Εικόνα 2.32: Αγωγοί εισόδου του μετάλλου 5 min μετά την χύτευση	11
Εικόνα 2.33: Το εκμαγείο μετά τη χύτευση	11
Εικόνα 2.34: Το εκμαγείο μία ώρα μετά τη χύτευση	11
Εικόνα 2.35: Το εκμαγείο δύο ώρες μετά τη χύτευση	12
Εικόνα 2.36: Το εκμαγείο τρεις ώρες μετά τη χύτευση	12
Εικόνα 2.37: Το εκμαγείο κατά την εκμάγευση.....	12
Εικόνα 2.38: Το εκμαγείο κατά την εκμάγευση.....	12
Εικόνα 2.39: Η προτομή αμέσως μετά την εκμάγευση του έργου	12
Εικόνα 2.40: Η προτομή αμέσως μετά την εκμάγευση του έργου	12
Εικόνα 3.1: Είσοδος του ανδριάντα στο Ε.Μ.Πολυτεχνείο 21.2.2001	14
Εικόνα 3.2: Μεταφορά σε κυλιόμενο φορείο με κατρακύλια	14
Εικόνα 3.3: Ανόρθωση του ανδριάντα από τον γλύπτη κ. J.-M. Kouchnereff.....	14
Εικόνα 3.4: Ο ανδριάντας του Γ. Αβέρωφ στην Ιστορική Πρυτανεία του Ε.Μ.Π. (χαλκός).....	14

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η χύτευση σε χαλκό της προτομής του Καθ. Α. Προκοπίου

Η προτομή του Καθ. Α. Προκοπίου είναι δημιουργία του γλύπτη Θ. Απάρτη. Η προτομή ανήκει στον υιό του, Αν.Καθ. κ. Γ. Προκοπίου.

Στα πλαίσια της αποκατάστασης της φυσιογνωμίας του κτηρίου της Ιστορικής Πρυτανείας του Ε.Μ.Πολυτεχνείου ο Αν. Καθ. κ. Γ. Προκοπίου ευγενώς παραχώρησε την προτομή έτσι ώστε να κατασκευαστεί αντίγραφο από χαλκό το οποίο θα ανήκει στην Καλλιτεχνική Περιουσία του Ε.Μ.Πολυτεχνείου.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η διαδικασία της κατασκευής του εκμαγείου της προτομής, καθώς επίσης και η διαδικασία της χύτευσης της προτομής σε χαλκό. Παράλληλα, αναφέρονται οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν στο κόνιαμα χύτευσης ενώ παρουσιάζονται οι συνθήκες της χύτευσης και το θερμικό κρουστικό φορτίο (θερμογραφήματα) που δέχεται το εκμαγείο της χύτευσης.

Εισαγωγή

Ο Αν. Καθ. Γ. Προκοπίου ευγενώς παραχώρησε αντίγραφο της προτομής του πατέρα του Καθ. Α. Προκοπίου, στην Καλλιτεχνική Περιουσία του Πολυτεχνείου. Η προτομή, έργο του γλύπτη Θ. Απάρτη, ήταν κατασκευασμένη από γύψο και λόγω της αστάθειας του υλικού της λόγω γήρανσης αποφασίστηκε η δημιουργία ακριβούς αντιγράφου της σε χαλκό.

Το έργο χυτεύτηκε σε χαλκό από Καλλιτεχνικό Χυτήριο το έτος 2004. Κατά την εξέλιξη της κατασκευής του έργου πραγματοποιήθηκε σχετικό ερευνητικό έργο από το Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών έτσι ώστε να υλοποιηθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η αντιγραφή και η χύτευση της προτομής.

1 Χύτευση χαλκού με τη μέθοδο του χαμένου κεριού

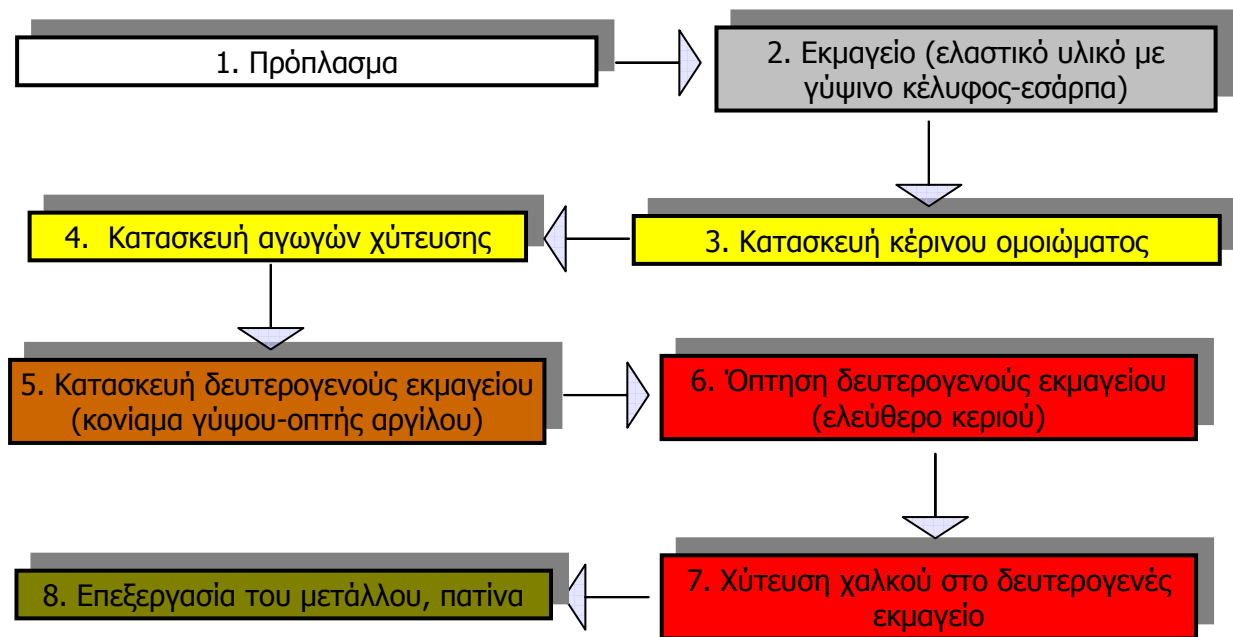
1.1 Γενικά

Έχει διαπιστωθεί ότι η κατασκευή ενός γλυπτού από χαλκό είναι από πολλές παραμέτρους η περισσότερο δόκιμη και ασφαλής κατασκευαστική λύση. Στις παρακάτω παραγράφους περιγράφεται η διαδικασία χύτευσης της προτομής του Καθ. Α. Προκοπίου φιλοτεχνημένης από τον γλύπτη Θ. Απάρτη.

1.2 Διάγραμμα ροής των εργασιών

Παρακάτω περιγράφονται οι φάσεις της διαδικασίας κατασκευής της προτομής σε χαλκό με την έμμεση μέθοδο χύτευσης.

Η διαδικασία κατασκευής αναφέρεται στην έμμεση μέθοδο χύτευσης με χαμένο κερί. Στην άμεση μέθοδο χύτευσης παραλείπονται οι φάσεις 1 και 2 και το πρόπλασμα του έργου δημιουργείται απ' ευθείας σε κερί.



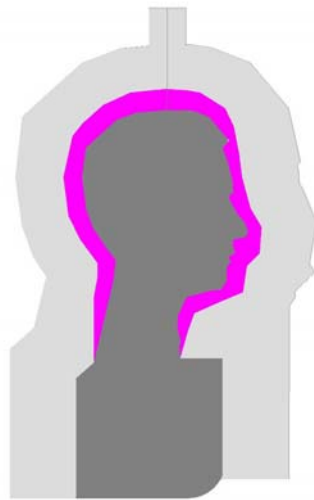
Εικόνα 1.1: Διαδικασία χύτευσης με την έμμεση μέθοδο του χαμένου κεριού

1.3 Σχηματικό διάγραμμα ροής των εργασιών

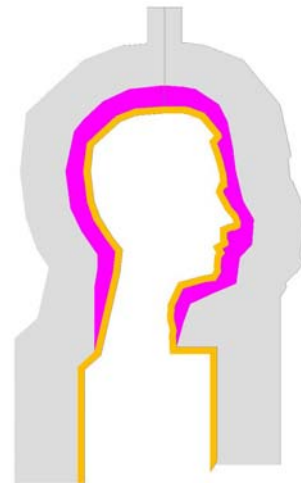
Σε εικόνες περιγράφεται η διαδικασία της χύτευσης με την έμμεση μέθοδο του χαμένου κεριού και παρουσιάζονται σε χρωματικά υπομνήματα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.



Εικόνα 1.2: Το πρωτότυπο έργο
(Στάδιο 1)



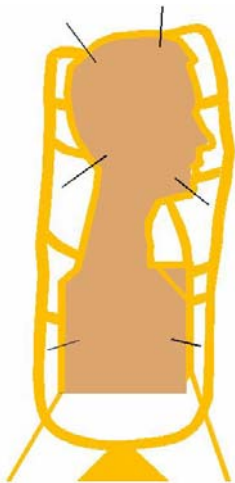
Εικόνα 1.3: Από το πρωτότυπο έργο κατασκευάζεται εκμαγείο από γύψο και ελαστικό (πρωτογενές εκμαγείο)
(Στάδιο 2)



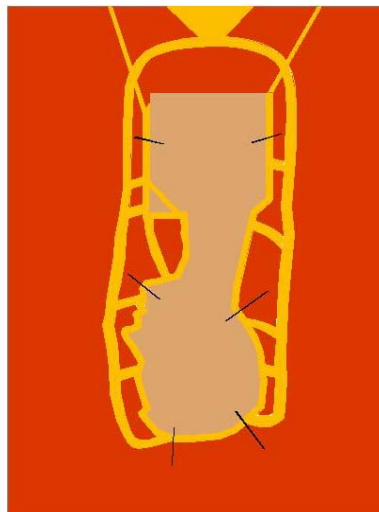
Εικόνα 1.4: Από το πρωτογενές εκμαγείο παράγεται κέρινο ομοίωμα
(Στάδιο 3)

Χρωματικό υπόμνημα υλικών

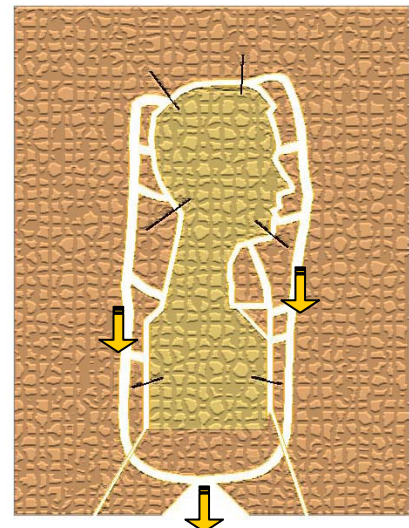
 Γύψος	 Ελαστικό υλικό εκμαγείου
 Ινοπλισμένη γύψος εκμαγείου	 Κερί



Εικόνα 1.5: Κατασκευή αγωγών χύτευσης
(Στάδιο 4)



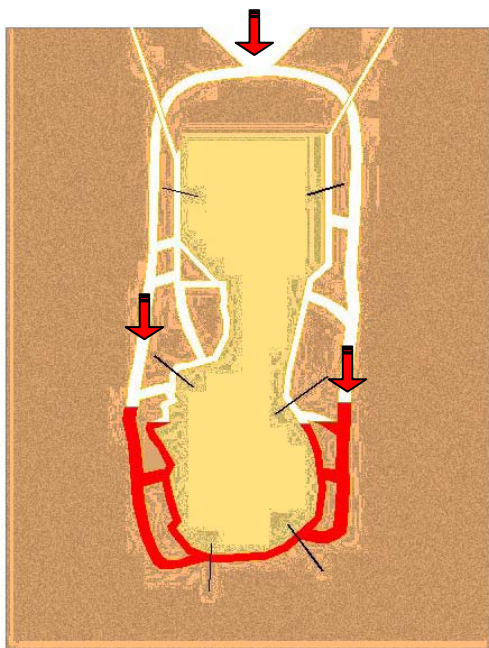
Εικόνα 1.6: Κατασκευή δευτερογενούς εκμαγείου
(Στάδιο 5)



Εικόνα 1.7: Όπτηση δευτερογενούς εκμαγείου
(Στάδιο 6)

Χρωματικό υπόμνημα υλικών

 Ισχνό κονίαμα γύψου-οπτής αργίλου	 Ισχνό κονίαμα γύψου οπτής αργίλου που υφίσταται όπτηση
 Κονίαμα γύψου-οπτής αργίλου	 Κονίαμα γύψου-οπτής αργίλου που υφίσταται όπτηση



Εικόνα 1.8: Χύτευση χαλκού στο δευτερογενές εκμαγείο

(Στάδιο 7)



Εικόνα 1.9: Επεξεργασία του μετάλλου αφαίρεση των αγωγών χύτευσης, πατίνα

(Στάδιο 8)

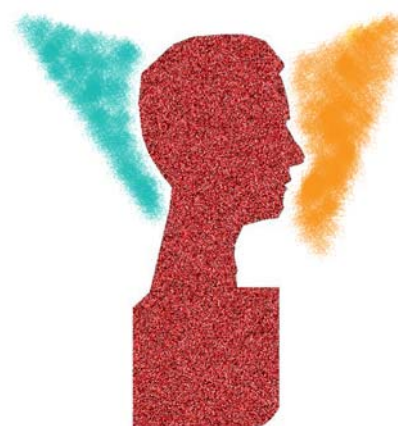
Χρωματικό υπόμνημα υλικών

- Ισχνό κονίαμα γύψου-οπτής αργίλου που δέχεται θερμικό κρουστικό φορτίο
- Κονίαμα γύψου-οπτής αργίλου που δέχεται θερμικό κρουστικό φορτίο

- Χαλκός σε ρευστή μορφή (1.000-1.100 ° C)
- Χαλκός σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



Εικόνα 1.10: Ολοκλήρωση του έργου



Εικόνα 1.11: Κατά την παραμονή του έργου σε υπαίθριο χώρο, το έργο θα δεχθεί χημικές και θερμικές φορτίσεις.

2 Διαδικασία κατασκευής

2.1 Γενικά

Αρχικά, η προτομή ήταν κατασκευασμένη από άοπλη γύψο. Επειδή έχουν περάσει αρκετές δεκαετίες από την δημιουργία της, η κατάσταση του υλικού της ήταν ασταθής λόγω γήρανσης. Έτσι, κατά την διάρκεια κατασκευής του γύψινου εκμαγείου και μόλις το έργο προσβλήθηκε από υγρασία άρχισε να αποσυντίθεται.

Για την χύτευση του έργου έγιναν οι παρακάτω εργασίες:

- Κατασκευή εκμαγείου της προτομής από ελαστικό υλικό με γύψινο κέλυφος
- Παραγωγή κέρινου ομοιώματος της προτομής
- Τοποθέτηση αγωγών χύτευσης της προτομής από κερί
- Κατασκευή κεραμικού κελύφους στο κέρινο ομοίωμα από κονίαμα γύψου-οπτής αργίλου
- Όπτηση του κεραμικού κελύφους
- Χύτευση χαλκού στο κεραμικό κέλυφος
- Μορφοποίηση των τελικών επιφανειών του έργου
- Πατίνα



Εικόνα 2.1: Η προτομή του καθ. Α. Προκοπίου (γύψος)



Εικόνα 2.2: Η προτομή του καθ. Α. Προκοπίου (γύψος)

2.2 Πρωτογενές εκμαγείο

Από το πρωτότυπο έργο κατασκευάστηκε ελαστικό εκμαγείο με γύψινη εσάρπα.

Το ελαστικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν ελαστικό πολυουρεθάνης με σκληρυντή (δύο συστατικών) τα οποία αναμίχθηκαν από εξειδικευμένο τεχνίτη πριν την χρήση τους. Τοποθετώντας με πίεση το ελαστικό επάνω στο έργο, αποτυπώθηκε στο ελαστικό η μορφή του έργου.



Εικόνα 2.3: Διαχωρισμός του έργου για την κατασκευή του εκμαγείου



Εικόνα 2.4: Εφαρμογή του ελαστικού στο έργο



Εικόνα 2.5: Η προτομή με το ελαστικό εκμαγείο



Εικόνα 2.6: Κατασκευή της γύψινης εσάρπας



Εικόνα 2.7: Κατασκευή της γύψινης εσάρπας



Εικόνα 2.8: Τα κλειδιά της γύψινης εσάρπας



Εικόνα 2.9: Μπροστινή όψη του εκμαγείου



Εικόνα 2.10: Πίσω όψη του εκμαγείου

2.3 Κατασκευή κέρινου ομοιώματος, αγωγών χύτευσης και δευτερογενούς εκμαγείου

Για να δημιουργηθεί το αντίγραφο του έργου σε κερί, έγινε επάλειψη λιωμένου κεριού με χρήση πινέλου στο εκμαγείο και ακολούθως τοποθετήθηκε κερί στο εκμαγείο έτσι ώστε το κέρινο ομοίωμα να έχει πάχος 4-7 mm.

Για να μην παραμορφωθεί το κερί μετά την αποκόλληση του εκμαγείου, με στόχο το ομοίωμα να αποκτήσει σταθερή μορφή, χυτεύτηκε μέσα στο εκμαγείο κονίαμα χύτευσης.

Ακολούθως τοποθετήθηκαν αγωγοί χύτευσης με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε από ορισμένους αγωγούς να εισέρχεται το μέταλλο (μπουκαδούρες) και από άλλους αγωγούς να βγαίνει ο αέρας από το κέλυφος (αέρηδες). Η θέση των αγωγών και η γεωμετρία της τοποθέτησής τους καθορίζει και την ροή του μετάλλου μέσα στο εκμαγείο και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την χύτευση του έργου.



Εικόνα 2.11: Επάλειψη με πρώτη στρώση κεριού



Εικόνα 2.12: Προετοιμασία του κεριού για τη δεύτερη στρώση κεριού



Εικόνα 2.13: Τοποθέτηση της δεύτερης στρώσης κεριού



Εικόνα 2.14: Σύνδεση των εκμαγείων



Εικόνα 2.15: Προετοιμασία κονιάματος



Εικόνα 2.16: Το εσωτερικό του κέρινου ομοιώματος



Εικόνα 2.17: Τοποθέτηση των αγωγών χύτευσης της πίσω όψης



Εικόνα 2.18: Εκμάγευση της μπροστινής όψης

2.4 Δευτερογενές εκμαγείο



Εικόνα 2.19: Αγωγοί χύτευσης της προτομής



Εικόνα 2.20: Πρώτη στρώση εξωτερικού κονιάματος χύτευσης



Εικόνα 2.21: Δεύτερη στρώση εξωτερικού κονιάματος χύτευσης



Εικόνα 2.22: Ολοκλήρωση του εξωτερικού κονιάματος χύτευσης

Οι αγωγοί μπορεί να τοποθετηθούν, είτε στο εσωτερικό, είτε στο εξωτερικό του έργου. Είναι προτιμότερο να τοποθετούνται στο εσωτερικό του έργου, για να υπάρχουν όσο το δυνατόν λιγότερες παρεμβάσεις κατά την διαδικασία της κατεργασίας του μετάλλου. Δεν είναι όμως πάντα εφικτό αυτό, ιδιαίτερα άμα υπάρχουν σημεία λεπτής διατομής στο κοίλο μέρος του έργου.

Το έργο υφίσταται όπτηση σε κλίβανο, το κερί εξαερώνεται και χυτεύεται χαλκός μέσα στο δευτερογενές εκμαγείο.



Εικόνα 2.23: Χύτευση χαλκού



Εικόνα 2.24: Το εκμαγείο του έργου μετά την χύτευση



Εικόνα 2.25: Η προτομή και το εκμαγείο του έργου μετά την εκμάγευση (αγωγοί στο εξωτερικό μέρος της προτομής)



Εικόνα 2.26: Το εσωτερικό του έργου

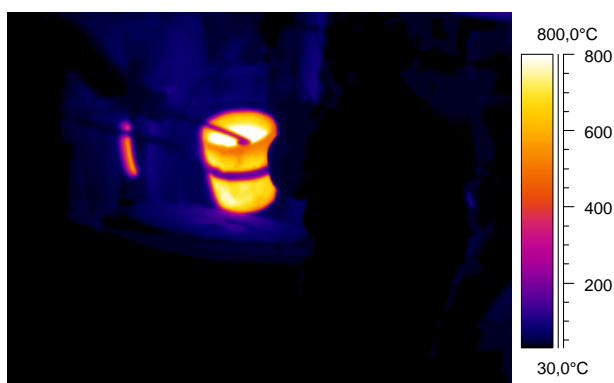


Εικόνα 2.27: Η προτομή μετά χύτευση κατά την κατεργασία του μετάλλου

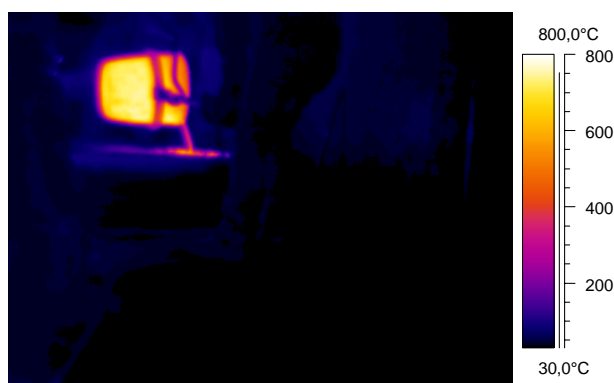


Εικόνα 2.28: Η τελική μορφή της προτομής μετά από την πατίνα

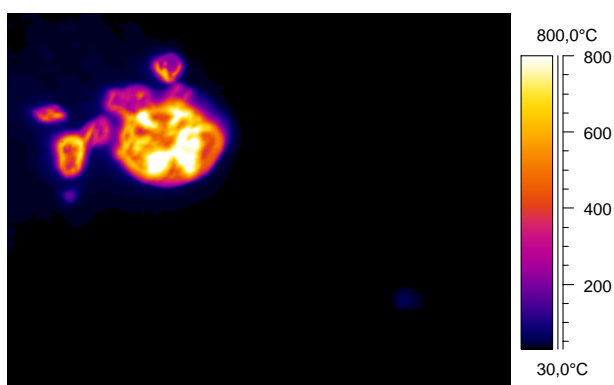
2.5 Θερμογραφήματα κατά την διάρκεια της χύτευσης



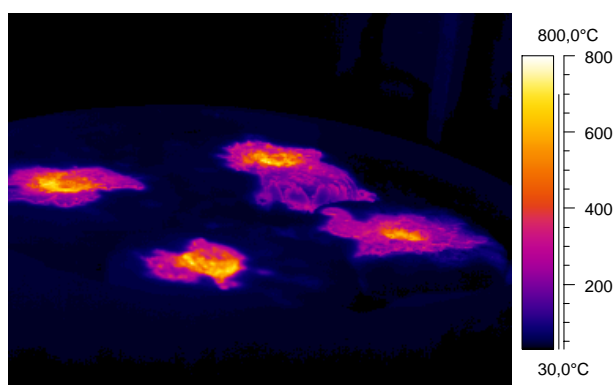
Εικόνα 2.29: Προετοιμασία του μετάλλου



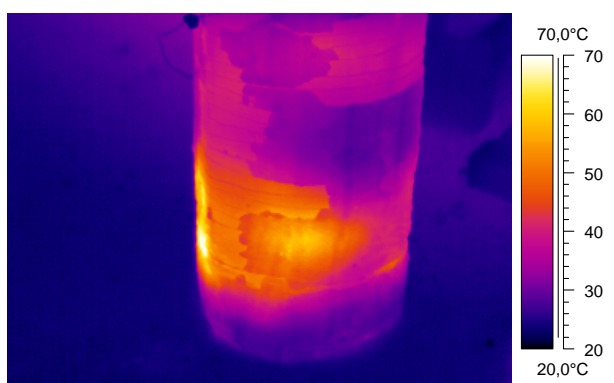
Εικόνα 2.30: Χύτευση χαλκού (μπρούτζου) στο εκμαγείο από κονίαμα γύψου-οπτής αργίλου



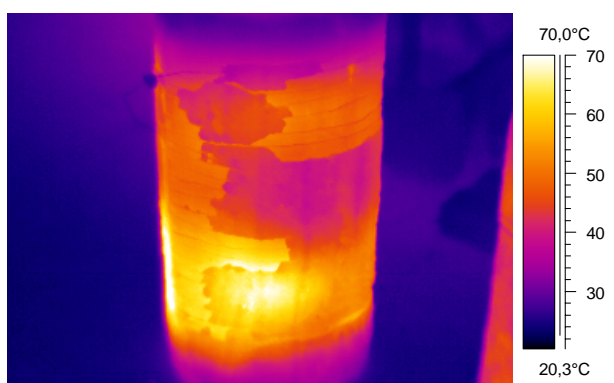
Εικόνα 2.31: Αγωγός εισόδου του μετάλλου 5 min μετά την χύτευση



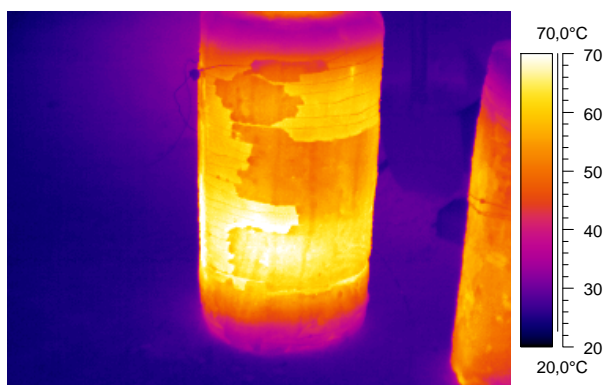
Εικόνα 2.32: Αγωγοί εισόδου του μετάλλου 5 min μετά την χύτευση



Εικόνα 2.33: Το εκμαγείο μετά τη χύτευση



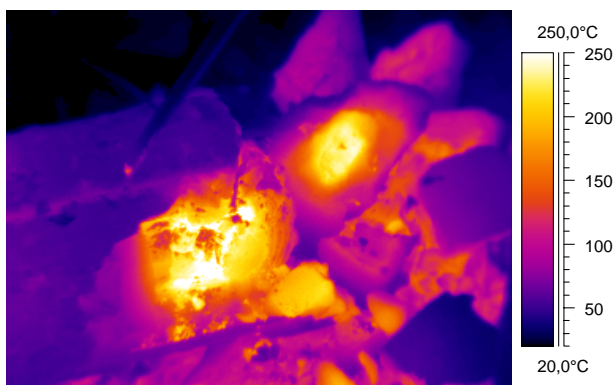
Εικόνα 2.34: Το εκμαγείο μία ώρα μετά τη χύτευση



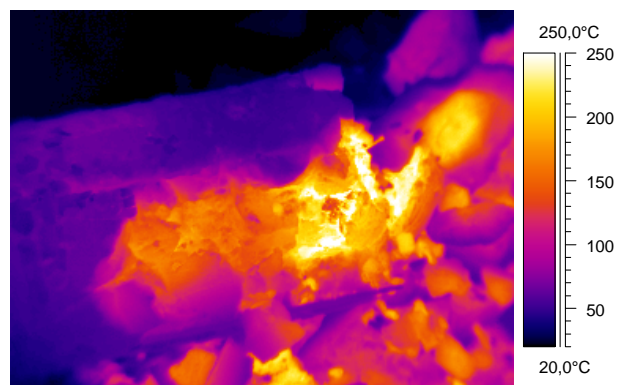
Εικόνα 2.35: Το εκμαγείο δύο ώρες μετά τη χύτευση



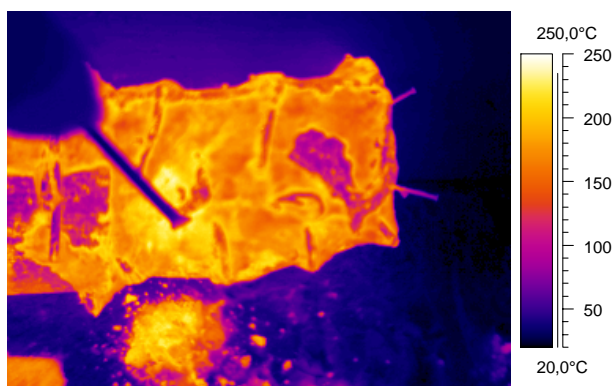
Εικόνα 2.36: Το εκμαγείο τρεις ώρες μετά τη χύτευση



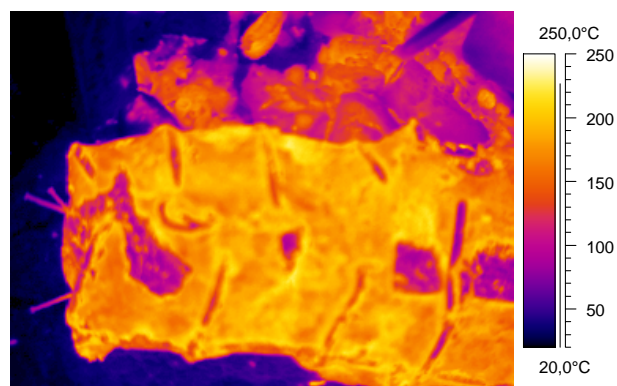
Εικόνα 2.37: Το εκμαγείο κατά την εκμάγευση



Εικόνα 2.38: Το εκμαγείο κατά την εκμάγευση



Εικόνα 2.39: Η προτομή αμέσως μετά την εκμάγευση του έργου



Εικόνα 2.40: Η προτομή αμέσως μετά την εκμάγευση του έργου

3 Επιλεγόμενα

3.1 Γενικά

Απαραίτητη προϋπόθεση κατά την χύτευση χαλκού είναι η εξασφάλιση αδιατάρακτου δευτερογενούς εκμαγείου το οποίο συντίθεται από κονίαμα γύψου-οπτής αργίλου.

Σε περίπτωση αταξίας της δομής του υλικού είναι δυνατό να προκληθούν ρηγματώσεις. Σαν συνέπεια θα εμφανιστούν άμορφες μάζες χαλκού μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας χύτευσης οι οποίες μειώνουν την καλλιτεχνική αξία του γλυπτού.

Για τον έλεγχο της συμπεριφοράς του κονιάματος χύτευσης, πραγματοποιήθηκε σχετικό ερευνητικό έργο κατά το οποίο εξετάστηκε η συμπεριφορά του κονιάματος μετά την όπτηση ενώ για τον έλεγχο του κονιάματος κατά την χύτευση πραγματοποιήθηκε μελέτη με θερμογραφήματα έτσι ώστε να ελεγχθεί το θερμικό κρουστικό φορτίο το οποίο υφίσταται το εκμαγείο.

Στα δοκίμια του κονιάματος χύτευσης έγιναν οι παρακάτω έλεγχοι:

1. Αντοχή σε θλίψη
2. Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη
3. Αντοχή σε τριβή
4. Αντοχή σε κρούση
5. Μακροσκοπικές παρατηρήσεις
6. Διαστολή σκλήρυνσης

Από την μελέτη και την αξιολόγηση των θερμογραφημάτων, προέκυψε ότι δεν αναπτύσσονται θερμοκρασίες οι οποίες να είναι ικανές να οδηγήσουν σε αστοχία το δευτερογενές εκμαγείο κατά την διάρκεια της χύτευσης. Το δευτερογενές εκμαγείο δέχεται ισχυρό θερμικό κρουστικό φορτίο κατά την διάρκεια της χύτευσης, το οποίο όμως αποσβέννεται ομαλώς κατά την διάρκεια επανάταξης του εκμαγείου στην θερμοκρασία περιβάλλοντος.

3.2 Ανδριάντας του Γ. Αβέρωφ

Με όμοιο τρόπο αλλά περισσότερο σύνθετες διαδικασίες σύνθεσης των εκμαγείων κατασκευάστηκε ο ανδριάντας του Γ. Αβέρωφ.

Ο ανδριάντας του Γ. Αβέρωφ είναι δημιουργία του γλύπτη Γ. Βρούτου. Ο ανδριάντας βρίσκεται στην όψη του Καλλιμάρμαρου Σταδίου. Κατόπιν σχετικών εγκρίσεων από τον Δήμο Αθηναίων κατασκευάστηκε εκμαγείο του και με βάση το εκμαγείο κατασκευάστηκε ο ανδριάντας σε χαλκό με την μέθοδο του χαμένου κεριού.



Εικόνα 3.1: Είσοδος του ανδριάντα στο Ε.Μ.Πολυτεχνείο 21.2.2001



Εικόνα 3.2: Μεταφορά σε κυλιόμενο φορείο με κατρακύλια



Εικόνα 3.3: Ανόρθωση του ανδριάντα από τον γλύπτη κ. J.-M. Kouchnereff



Εικόνα 3.4: Ο ανδριάντας του Γ. Αβέρωφ στην Ιστορική Πρυτανεία του Ε.Μ.Π. (χαλκός)