

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΩΝ



**Πτυχιακή εργασία**

**ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ  
ΜΕΤΑΛΛΩΝ / ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΒΑΘΙΑ ΚΟΙΛΑΝΣΗ**

**ΦΙΛΙΠΠΟΣ Χ΄΄ΦΙΛΙΠΠΟΥ**

Λεμεσός, Μάιος 2017



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΩΝ



**Πτυχιακή εργασία**

ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ  
ΜΕΤΑΛΛΩΝ / ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΒΑΘΙΑ ΚΟΙΛΑΝΣΗ

ΦΙΛΙΠΠΟΣ Χ΄΄ΦΙΛΙΠΠΟΥ

Επιβλέπων Καθηγητής

ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΤΩΔΡΥΤΗΣ

Λεμεσός, Μάιος 2017



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

### Πτυχιακή Εργασία

ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ  
ΜΕΤΑΛΛΩΝ / ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΒΑΘΙΑ ΚΟΙΛΑΝΣΗ

ΦΙΛΙΠΠΟΣ Χ΄΄ΦΙΛΙΠΠΟΥ

Επιβλέπων Καθηγητής

ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΤΩΔΡΥΤΗΣ



Λεμεσός, Μάιος 2017



Τεχνολογικό  
Πανεπιστήμιο  
Κύπρου

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ  
& ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

### Πτυχιακή Εργασία

ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ  
ΜΕΤΑΛΛΩΝ / ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΒΑΘΙΑ ΚΟΙΛΑΝΣΗ

ΦΙΛΙΠΠΟΣ Χ΄΄ΦΙΛΙΠΠΟΥ

Επιβλέπων Καθηγητής

ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΤΩΔΡΥΤΗΣ

### ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Υπεύθυνη επιτροπή για την εποπτεία των πτυχιακών εργασιών

Τ. Γεωργιάδης (Πρόεδρος Τμήματος ΜΗΜΕΜΥ)

Γ. Κωνσταντινίδης (Υπεύθυνος Επιτροπής Προπτυχιακών Σπουδών)

Ε. Καλυβιώτης (Μέλος)

Π. Κειβανίδης (Μέλος)

Αν. Στασής (Μέλος)

Σ. Καλογήρου (Μέλος)

Κ. Χριστοδούλου (Μέλος) και

Λ. Λαζαρή (Μέλος)

Λεμεσός, Μάιος 2017

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Φίλιππος Χ΄Φιλίππου, [2017].

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών και Επιστήμης και Μηχανικής Υλικών του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

*Στη μητέρα μου Κυριακή και στον πατέρα μου Αντρέα.*

*Στη γυναίκα μου Εύη, στο γιο μου Αντρέα και στην κόρη μου Ελευθερία, για όλη την συμπαράσταση, κατανόηση και υπομονή τους.*

*Στον καθηγητή και σύμβουλο μου, επίκουρο καθηγητή του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου, κύριο Κατωδρύτη Γεώργιο, για όλη τη βοήθεια και τις υποδείξεις του.*

*Σε όλους όσους συνέβαλαν με οποιοδήποτε τρόπο στη συγγραφή, εκτύπωση και βιβλιοδεσία της παρούσας μελέτης.*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία υλοποιήθηκε στα πλαίσια πτυχιακής μελέτης, το θέμα της οποίας εγκρίθηκε και δόθηκε από τα μέλη του ΔΕΠ του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών και Επιστήμης και Μηχανικής Υλικών (ΤΜΗΜΕΜΥ), για το ακαδημαϊκό έτος 2016 – 2017.

Έλαβε χώρα κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στις εγκαταστάσεις του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου (ΤΕ.ΠΑ.Κ.).

Στη συγκεκριμένη εργασία μελετήθηκε ένα από τα σημαντικότερα θέματα της Μηχανικής Μεταλλουργίας, αυτό της πλαστικής παραμόρφωσης των μετάλλων και ειδικότερα αυτό της επεξεργασίας και της μορφοποίησης τους, με ιδιαίτερη έμφαση να δίνεται στη Βαθιά Κοίλανση.

Ακολούθησε ο σχεδιασμός μήτρας και των απαραίτητων εξαρτημάτων για την κατασκευή συγκεκριμένου κυλινδρικού κυαθίου από μαλακό χάλυβα (mild steel).

Έγινε η ανάλυση των ισοδύναμων τάσεων και των ισοδύναμων τροπών που εξελίσσονται κατά τα διάφορα στάδια της διαδικασίας της βαθιάς κοίλανσης, για τον προσδιορισμό και την εφαρμογή όπου απαιτείται, των θερμικών κατεργασιών επαναφοράς της ολκιμότητας του μετάλλου και για τον υπολογισμό της απαραίτητης δύναμης, για τη μορφοποίηση λαμαρίνας μαλακού χάλυβα, σε συγκεκριμένο κυλινδρικό κυάθιο.

Στο σχεδιασμό συμπεριλαμβάνονται υπολογισμοί για την αντοχή των εξαρτημάτων, καθορίζονται οι ανοχές τους και γίνονται πλήρη κατασκευαστικά σχέδια των απαραίτητων καλουπιών και των λοιπών εξαρτημάτων, με τη χρήση του μηχανολογικού προγράμματος σχεδιασμού, ‘‘Solidworks’’.

Γίνεται επίσης η επιλογή των κατάλληλων υλικών και οι απαραίτητες θερμικές κατεργασίες του μετάλλου, όπου απαιτείται.

Τέλος, γίνεται η κοστολόγηση του σχεδιαζόμενου προϊόντος, η οποία είναι απαραίτητη για να υποδείξει αν το συγκεκριμένο προϊόν είναι δυνατόν να κατασκευαστεί και αν είναι εμπορεύσιμο.

Ένας καλός και αποδοτικός σχεδιασμός συμπεριλαμβάνει όλα τα πιο πάνω, με σκοπό την επίτευξη του τελικού στόχου, ο οποίος είναι η παραγωγή ενός ποιοτικού, αλλά παράλληλα και εμπορεύσιμου προϊόντος.



## **ABSTRACT**

The following thesis analyzes one of the most important topics of the metal metallurgy which has to do with the metal plastic deformation and particularly, it describes in detail the metal Deep Drawing processes.

In the first chapter, it explains how the different forces acting on the metal structure produce different kinds of stresses, that they affect the metal's behavior and atomic structure, forcing the metal on elastic or plastic elongations. The Hook's law is analyzed and the behavior of ductile and brittle materials is introduced.

The second chapter describes the different types of mild steels and how their plastic deformation in room temperature, is affecting their atomic structure. The different methods of plastic deformation of mild steel are briefly explained and the Erricsen cupping test for the determination of the material's ductility, is accurately described.

In the third chapter, a description is given for the different ways of metal heat treatment. It gives information about the Annealing, the Tempering and the Hardening of mild steel and how these affect its atomic structure.

The fourth chapter deals with the deferent stages which are followed during a deep drawing process and especially when producing a cylindrical cup. It analyzes all the parameters that influence the specific procedure and the final product, while giving all the necessary formulas for the determination of the size of the blank, the pressure needed for cutting and forming of the metal, the appropriate lubricant and all the different parameters to take into consideration, when a metal blank is deep drawn.

The design of the metal product is given in detail, including all exact calculations, estimations, considerations, restrictions, suggestions, drawings and the procedure to be followed for the whole process, in order to modify a metal blank of mild steel, into a specific cylindrical cup.

All the safety requirements are defined, concerning the working personnel, the machinery used in the production and the protection of the environment.

Finally, conclusions are written about the behavior of mild steel in the specific deep drawing process and its plastic deformation, evaluating the design and the whole procedure for the production of the cylindrical metal cup.