

Μελέτη της απόθεσης πούδρας σε κατεργασίες προσθετικής κατασκευής με σύντηξη κλίνης πούδρας μέσω laser

Διδακτορική διατριβή Π. Αβράμπου
Περίληψη

Σαράντα χρόνια μετά από την επινόηση της Προσθετικής Κατασκευής (ΠΚ), οι κατεργασίες Σύντηξης Κλίνης Πούδρας (ΣΚΠ) αποτελούν σημαντική κατηγορία των κατεργασιών ΠΚ, υποσχόμενες μεταλλικά τεμάχια υψηλής ποιότητας. Παρά την εκτενή έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί, οι συγκεκριμένες κατεργασίες δεν έχουν ακόμα πραγματοποιήσει το άλμα από τη φάση της παραγωγής πρωτοτύπων στην πλήρη βιομηχανοποίηση, κυρίως λόγω της πολυπλοκότητάς τους. Αυτή η εργασία αποσκοπεί στο να συνεισφέρει γνώση στο κομμάτι της εναπόθεσης πούδρας, μιας και η ποιότητα του κρεβατιού σκόνης συνδέεται άμεσα με τις τελικές ιδιότητες του τεμαχίου.

Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει μία εισαγωγή στις κατεργασίες ΠΚ, εστιάζοντας στις κατεργασίες ΣΠ.

Το δεύτερο κεφάλαιο παρέχει μία λεπτομερή ανάλυση της σύνδεσης μεταξύ των παραμέτρων εναπόθεσης πούδρας αρχικά με την ποιότητα του εναποτιθέμενου στρώματος και, εν συνεχεία, με τις μηχανικές ιδιότητες του κατασκευασμένου τεμαχίου. Γίνεται καταγραφή των παραμέτρων εναπόθεσης πούδρας και αλληλεπιδράσεων αυτών. Ορίζονται κριτήρια ποιότητας του κρεβατιού πούδρας και τρόποι προσδιορισμού/μέτρησης αυτών. Τέλος ορίζονται κριτήρια ποιότητας κατασκευασμένου τεμαχίου και γίνονται οι απαραίτητες συνδέσεις.

Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει έναν στατιστικά βελτιστοποιημένο σχεδιασμό και κατασκευή ενός συστήματος εναπόθεσης πούδρας (ΣΕΠ), μέσω της μεθόδου Analytic Hierarchy Process (AHP). Αρχικά συγκρίνονται μεταξύ τους οι διάφορες μέθοδοι εναπόθεσης πούδρας που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία, μέσω συγκεκριμένων κριτηρίων. Στη συνέχεια, ένα πρωτότυπο ΣΕΠ σχεδιάζεται και παρουσιάζεται αναλυτικά, ενώ παράλληλα γίνεται σύγκρισή του μέσω της ίδιας μεθόδου με ένα αντίστοιχο ΣΕΠ που συναντάται σε μηχανές ΣΠ του εμπορίου. Η σύγκριση απέδειξε την ανωτερότητα του προτεινόμενου σχεδιασμού.

Το τέταρτο κεφάλαιο εστιάζει στη μοντελοποίηση μίας συγκεκριμένης πούδρας μέσω και χρήση της Μεθόδου Διακριτών Στοιχείων (ΜΔΣ) για την προσομοίωση και βελτιστοποίηση την εναπόθεσης πούδρας μέσω δονούμενης οδηγού λεπίδας (ΟΛ). Χρησιμοποιήθηκε αντιστοίχιση των παραμέτρων κατανομής μεγέθους κόκκου D90, D50 and D10 με τις παραμέτρους της λογαριθμοκανονικής κατανομής. Εν συνεχεία, τα μοντέλα επαφής αναλύθηκαν ως προς τη συμβατότητά τους με την συγκεκριμένη πούδρα μέσω υπολογισμού της παραμέτρου Tabor, και επιλέχθηκε το μοντέλο Hertz-Mindlin with JKR. Η ρεαλιστική ρεολογική συμπεριφορά του μοντέλου της πούδρας ελέγχθηκε μέσω ταυτόχρονης πειραματικού και προσομοιωτικού προσδιορισμού των γωνιών χιονοστιβάδας και πρανούς. Οι παράμετροι εναπόθεσης που εξετάστηκαν ήταν η ταχύτητα εναπόθεσης, η συχνότητα και το πλάτος κατακόρυφης δόνησης και η γωνία ελευθερίας της ΟΛ. Τα κριτήρια ποιότητας στρώσης που ορίστηκαν ήταν η απόκλιση του πάχους στρώσης από το θεωρητικό πάχος στρώσης (Layer Thickness Deviation-LTD), ο δείκτης κάλυψης επιφάνειας (Surface Coverage Ratio-SCR), η επιφανειακή τραχύτητα υπολογισμένη μέσω ρίζας μέσου τετραγώνου (Sq-RMS) και ο πραγματικός βαθμός συμπίεσης (True Packing Density-PD) της στρώσης. Έγινε σχεδιασμός πειραμάτων μέσω ανάλυσης Taguchi και συνακόλουθης ANOVA που απέδειξαν την θετική επίδραση της δόνησης στην ποιότητα του κρεβατιού πούδρας. Έγινε ανάλυση σταθμισμένου μέσου για τα κριτήρια LTD, SCR και Sq-RMS και απεδείχθη ότι η επιφανειακή λοξότητα (Ssk) και κύρτωση (Sku) αποτελούν ισοδύναμα κριτήρια ποιότητας επιφανείας. Όσο χαμηλότερη η ταχύτητα εναπόθεσης, τόσο καλύτερη η ποιότητα στρώσης. Ο ΠΒΣ παρέμεινε σταθερός ανεξαρτήτων της αλλαγής επιπέδου των παραμέτρων εναπόθεσης.

Το πέμπτο κεφάλαιο χρησιμοποιεί το ίδιο μοντέλο πούδρας που ορίστηκε στο 4ο κεφάλαιο για να εξετάσει μέσω προσομοιώσεων ΜΔΣ το κοσκίνισμα της πούδρας. Η εξέταση έγινε για την γραμμική περιοχή του κοσκινίσματος, δηλ. την περιοχή σταθερής ροής. Εξετάστηκαν ως παράμετροι κοσκινίσματος η συχνότητα και το πλάτος κατακόρυφης δόνησης του κόσκινου, η γωνία αντίστροφης στένωσης της οπής και η αρχική στάθμη της πούδρας. Ως κριτήρια ποιότητας εξετάστηκαν η παροχή μάζας, η μάζα κατά τη γραμμικότητα και η διάρκεια της γραμμικότητας. Μέσω ανάλυσης Taguchi και συνακόλουθης ANOVA ορίστηκαν οι συνδυασμοί παραμέτρων κοσκινίσματος που μεγιστοποιούν τα κριτήρια ποιότητας. Εξετάστηκε επίσης η επίδραση του σχήματος της οπής στα κριτήρια ποιότητας. Τέλος, εξετάστηκε η ποιότητα στρώσης που παράγεται μέσω ελεγχόμενου κοσκινίσματος. Αποδείχθηκε ότι το ελεγχόμενο κοσκίνισμα παράγει στρώματα έτοιμα για ΣΚΠ, με ποιότητα μεταξύ της ποιότητας αυτών που παράγονται από δονούμενη και μη δονούμενη ΟΛ.

Το έκτο κεφάλαιο πραγματεύεται μία καινοτόμα μέθοδο εναπόθεσης στρωμάτων πολλών υλικών με το σχέδιο του διπλού μετρητή περιγραμμάτων. Η μέθοδος ορίζεται μαθηματικά και το πρόβλημα επιλύεται αριθμητικά μέσω κώδικα σε γλώσσα C. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται σχηματικά. Η βιωσιμότητα του σχεδίου επικυρώνεται τόσο πειραματικά, όσο και μέσω προσομοίωσης ΜΔΣ.

Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα διατυπώνονται στο έβδομο κεφάλαιο.