

Rezumat

Prezenta teză de abilitare ”*Metode inovative în procesele de deformare plastică la rece, la proiectarea mașinilor de măsurat în coordonate și la asigurarea calității pieselor prin măsurare tridimensională*” sintetizează activitățile de cercetare și academice în domeniul ingineriei industriale desfășurate de autorul acestei teze în perioada 1999-2022, după susținerea publică în 26.02.1999 a tezei de doctorat cu titlul ”*Studiul liniilor automate flexibile de presare la rece*”.

Lucrarea este structurată în trei părți principale, prima fiind o sinteză a realizărilor științifice, academice și profesionale ale autorului. În partea a doua se prezintă în detaliu realizările științifice ale autorului urmate în partea a treia de planurile de evoluție și dezvoltare a carierei. Teza de abilitare se încheie cu lista referințelor bibliografice asociate celor trei părți.

În prima parte a tezei de abilitare (**Capitolul 1**) se menționează principalele realizări științifice, academice și profesionale ale autorului, obținute în ultimii 23 de ani de la susținerea publică a tezei de doctorat. Cercetarea efectuată în acești ani poate fi grupată pe două domenii mari: *processe și tehnologii de fabricație prin deformare plastică la rece*, respectiv *măsurări tridimensionale*. Domeniul procese și tehnologii de fabricație prin deformare plastică la rece reprezintă o continuare a cercetărilor din cadrul tezei de doctorat. Cel de-al doilea domeniu, cel al măsurărilor tridimensionale a fost dezvoltat, începând din 2000, pe două direcții: *proiectarea și verificarea performanțelor mașinilor de măsurat în coordonate*, respectiv *asigurarea calității pieselor injectate și printate 3D prin proceduri de măsurare tridimensională*. Pe lângă aceste domenii se mai pot adăuga cercetări în domeniul ingineriei fabricației cum ar fi: injectarea materialelor plastice, activarea cu ultrasunete a diferitelor procese de fabricație, prelucrări de superfinisare prin lepuire, prelucrări prin așchiere etc. Rezultatele cercetării sunt prezentate sub formă de articole științifice, brevete de invenții, cărți publicate respectiv contracte de cercetare. Din punct de vedere al realizărilor academice se prezintă activitatea didactică desfășurată în această perioadă de timp, cea de formare profesională, respectiv funcții și responsabilități ale autorului la nivel de departament și facultate. Prestigiul profesional al autorului tezei este validat prin impactul pe care îl au pe plan național și internațional cărțile de specialitate editate, rezultatele cercetării contractuale și lucrările științifice publicate, respectiv modelele de mașini de măsurat în coordonate proiectate, executate și vândute în Europa și Japonia. La prestigiul profesional se mai poate adăuga calitatea de membru al unor organizații profesionale naționale și internaționale, recenzor conferințe naționale și internaționale, respectiv premiile, medaliile și diplomele obținute.

În partea a doua (**Capitolul 2**) se prezintă cele mai importante rezultate ale cercetării autorului tezei. Această parte a fost structurată pe trei subcapitole, după cum urmează.

Capitolul 2.1 prezintă aspecte legate de automatizarea proceselor de fabricație prin deformare plastică la rece. Astfel au fost prezentate rezultatele unor cercetări privind regimurile de funcționare ale unor sisteme de fabricație prin presare la rece construite pe un singur utilaj sau pe mai multe utilaje de presare. După definirea modurilor de funcționare a unei linii automate flexibile de presare la rece, cercetările au continuat cu modelarea funcționării părții de comandă a unei linii automate flexibile de presare la rece. Modelarea funcționării părții de comandă a liniei a pornit de la analiza specificațiilor, care trebuie să precizeze funcțiile specifice ale părții de comandă, ținând cont de modalitățile acesteia de realizare și utilizare. Funcționarea liniei a fost descrisă prin intermediul unor diagrame funcționale (GRAFCET - *Graf Funcțional de Comandă Etapă Tranziție*) care permit descrierea tuturor comportamentelor așteptate din partea părții de comandă în raport cu totalitatea evenimentelor sau informațiilor provenind din procesul automatizat. Pe baza modelului obținut prin diferite GRAFCET-uri s-a realizat modelarea fizică a părții de comandă folosind logica cablată, tehnologia utilizată în acest caz fiind cea electromecanică și pneumatică. O importanță deosebită privind liniile automate de presare la rece o are determinarea

capacității productive și a consumului energetic a unor sisteme de fabricație prin presare la rece, respectiv îmbunătățirea operației de reglare a unei linii automate flexibile de presare la rece. Cu ajutorul metodei experimentelor factoriale (DoE) și a analizei dispersionale (ANOVA) s-a determinat consumul de energie electrică pe o linie automată și modul de reducere a acesteia funcție de valoarea factorilor de influență (cadența presei și încărcarea presei). Pentru îmbunătățirea operației de reglare a unei linii automate au fost prezentate acțiunile de reducere a duratei operației de reglare la o linie automat flexibilă de presare la rece construită cu prese clasice prin aplicarea principiilor metodei S.M.E.D (Single Minute Exchange Die). În partea a doua a acestui capitol se prezintă rezultatele unei cercetări experimentale privind parametrii de autofretare a tuburilor cu pereți groși. Această cercetare a fost finanțată de Uzina Mecanică Reșița, având ca temă de studiu autofretarea țevilor de artilerie. În urma acestei cercetări au fost stabilite valorile parametrilor de deformare, realizată cu dorn și bilă de deformare, pentru a obține un tub cu rezistență mai mare la aceeași grosime a peretelui.

Capitolul 2.2 tratează aspecte legate de proiectarea și verificarea performanțelor mașinilor de măsurat în coordonate. În prima parte a subcapitolului 2.2 sunt prezentate rezultatele cercetărilor privind proiectarea mașinilor de măsurat în coordonate. Cercetările au demarat cu un studiu privind rolul mașinilor de măsurat în coordonate în asigurarea calității. În acest sens s-a prezentat conceptul de măsurare tridimensională, factorii care influențează precizia măsurătorilor și principalele sisteme de măsurare tridimensională. În continuare se prezintă un studiu privind comportamentul unei mașini de măsurat în coordonate pentru măsurători de mare viteză și câmp termic variabil. Acest studiu s-a realizat în timpul fazei de proiectare a mașinii de măsurat în coordonate cu portal fix și masă mobilă (Presingo 755). Analiza cu elemente finite realizată cu programul Ansys s-a efectuat pentru două structuri diferite de mașină de măsurat cu portal fix și masă mobilă. În urma acestei analize s-au determinat performanțele dinamice ale celor două structuri la diferite solicitări dinamice și termice ale acestora. Cercetarea a continuat cu un studiu privind concepția modulară a unei mașini de măsurat în coordonate. În acest scop s-a prezentat o soluție de proiectare modulară a arhitecturii cu portal fix și masă mobilă care permite modificarea volumului de măsurare al mașinii, în special în direcția Z, în anumite limite și fără modificări majore. De asemenea, s-a analizat o proiectare modulară a mesei mobile care permite transformarea mașinii din trei axe în mașină în patru axe, cu masă rotativă inclusă (axa R). În continuare au fost prezentate rezultatele privind concepția sistemelor de acționare liniară pentru modernizarea mașinii manuale de măsurat în coordonate TESA MicroMS 343. Scopul activității de cercetare-proiectare a fost de a prezenta o soluție tehnică pentru modernizarea mașinii manuale de măsurat în coordonate TESA MicroMs 343 existentă în laboratorul de măsurători 3D din cadrul Universității Politehnica din Timișoara pentru a deveni o mașină cu comandă numerică. În continuare se prezintă rezultatele cercetării privind proiectarea unei mașini de măsurat în coordonate cu punte în "L" pe baza principiilor fundamentale de proiectare: repetabilitate ridicată (proiectare pentru repetabilitate) și predictibilitate ridicată a răspunsului mașinii la principalele surse de eroare (proiectare pentru predictibilitate). Pe baza celor două principii s-a realizat modelul CAD al mașinii cu punte în formă de "L" și s-a determinat eroarea dinamică a modelului virtual. Analiza cu elemente finite (FEA) a fost utilizată pentru a calcula deformația totală a structurii mecanice și deplasarea totală a vârfului palpatorului cauzată de accelerarea punții în formă de "L".

În partea a doua a capitolului 2.2 sunt prezentate rezultatele privind evaluarea preciziei mașinilor de măsurat în coordonate cu sistem de palpate tactil. Precizia unei mașini de măsurat în coordonate este foarte importantă pentru a fi cunoscută în vederea obținerii unor rezultate de calitate la măsurarea piesei. În acest sens se prezintă un prim studiu referitor la performanțele unei mașini de măsurat în coordonate cu antrenare manuală. Astfel, a fost prezentată modalitatea de evaluare și rezultatele privind precizia (BIAS), repetabilitatea și reproductibilitatea mașinii de măsurat în coordonate TESA MicroMS 343 cu antrenare manuală. Cercetările au continuat cu mai multe studii privind incertitudinea de măsurare a mașinilor de măsurat în coordonate, cu raportare

la mașina TESA MicroMS 343-CNC. Pentru diferite configurații și orientări ale sistemului de palpate cu senzor rezistiv cu declanșare au fost investigați factorii de control: numărul de puncte de măsurare, unghiuri de rotație a capului de măsurare, plane de măsurare, lungimea palpatorului, diametrul sferei de palpate, respectiv module diferite ale senzorului de contact cu declanșare TP20, care au efect asupra incertitudinii de măsurare. Pentru a investiga impactul factorilor asupra incertitudinii de măsurare s-a folosit metoda de planificare a experimentelor (*Design of Experiments - DoE*), a analizei dispersionale (ANOVA), respectiv a suprafețelor de răspuns. În urma acestor studii experimentale au fost formulate concluzii și recomandări privind configurația sistemului de palpate pentru a reduce incertitudinea de măsurare. O concluzie care se desprinde este aceea că rezultatul măsurării piesei poate fi influențat de configurația sistemului de palpate. În acest sens se recomandă utilizarea de palpatoare de lungime cât mai mică și de diametru cât mai mare (rigiditate ridicată), respectiv măsurarea elementelor geometrice, pe cât posibil, cu același palpator și cu aceeași orientare a capului de măsurare.

Capitolul 2.3 prezintă mai multe cercetări privind asigurarea calității pieselor injectate și printate 3D prin proceduri de măsurare tridimensională. În prima parte sunt descrise principalele direcții privind măsurarea tridimensională a pieselor și adecvarea sau nu a senzorilor de contact sau non-contact la măsurarea pieselor din diferite materiale, respectiv de dimensiuni și precizii diferite. Sunt prezentate de asemenea mai multe strategii de măsurare a unor elemente geometrice a unei piese injectate care poate prezenta abateri dimensionale și geometrice ridicate. Totodată se descrie modul de realizare a inspecției primei piese pentru o piesă injectată din material plastic utilizată în industria auto și se prezintă rezultatele măsurării piesei, respectiv concluziile privind faza de încercare și lansare a producției cu eventualele modificări ale parametrilor de injectare sau corijare a matriței. În partea a doua a capitolului sunt prezentate rezultatele unor cercetări privind influența parametrilor tehnologici asupra caracteristicilor dimensionale a pieselor realizate din rășini prin printare 3D. Piese printate 3D, folosind tehnologia cu control digital al luminii (DLP), au fost realizate din rășină obișnuită și rășini din plante, numite eco-rășini. Principalul obiectiv a cercetării a fost de a determina modul în care structura de susținere în procesul de printare 3D DLP influențează caracteristicile suprafețelor plane și cilindrice. La măsurarea caracteristicilor fizice ale piesei printate a fost utilizată o mașină de măsurat în coordonate (CMM) cu senzor de contact. La realizarea cercetărilor experimentale și la interpretarea rezultatelor s-a utilizat metoda experimentului factorial (DoE), a analizei dispersionale (ANOVA) și a suprafețelor de răspuns. Pe baza dimensiunilor și a geometriei pieselor printate 3D obținute în urma măsurării tridimensionale a acestora s-au stabilit valorile optime ale factorilor de control (densitate suporturi, adâncime de contact, diametru suprafață de contact) care au influență semnificativă asupra parametrilor dimensionali și geometrici ai piesei printate 3D. Totodată, abaterile dimensionale și geometrice ale piesei au fost încadrate în anumite clase de precizie ale standardelor ISO 2768-1 și ISO 2768-2, stabilind astfel clasa de precizie care poate fi obținută la printarea 3D DLP a acestor piese.

Capitolul 3 prezintă planurile de evoluție și dezvoltare a carierei ale autorului. Prima direcție se referă la *procesele și tehnologiile de fabricație prin deformare plastică la rece*. Accentul va fi pus pe automatizarea și optimizarea proceselor de fabricație, respectiv pe proiectarea optimală și inovativă a ștanțelor și matrițelor. A doua direcție se referă la studiul privind adecvarea și performanțele diferitelor sisteme de măsurare tridimensională, în scopul creșterii preciziei de măsurare a pieselor. Cea de a treia direcție are ca scop studiul privind asigurarea calității pieselor prin strategii de măsurare tridimensională. Se vor avea în vedere elaborarea de strategii de măsurare 3D pentru piese realizate din materiale diferite și prin tehnologii de fabricație diferite.

Teza de abilitare se încheie cu **lista referințelor bibliografice** asociate celor trei părți prezentate în capitolele 1, 2 și 3.

Dr. ing. Aurel TULCAN

Timișoara, 04 iulie 2022.